

**Bachelorarbeit**

# **Die Rolle der Fusskinematik bei patellofemoralem Schmerzsyndrom**

---

**Simon Lehmann**  
Hauptstrasse 70  
9042 Speicher  
S09171919

<b>Departement:</b>	<b>Gesundheit</b>
<b>Institut:</b>	<b>Institut für Physiotherapie</b>
<b>Studienjahrgang:</b>	<b>2009</b>
<b>Eingereicht am:</b>	<b>30.03.2012</b>
<b>Betreuende Lehrperson:</b>	<b>Simone Kaufmann-Gernet</b>



## **Inhaltsverzeichnis**

1. Abstract.....	2
2. Einleitung	
2.1. Fragestellung.....	3
2.2. Zielsetzung.....	3
2.3. Methodik.....	4
3. Theoretische Grundlagen	
3.1. Patellofemorales Schmerzsyndrom (PFSS) .....	6
3.2. Fusskinematik in der Standbeinphase .....	16
4. Ergebnisse	
4.1. Vorstellung der ausgewählten Studien.....	22
4.2. Ergebnisse der Studien .....	28
5. Diskussion	
5.1. Beurteilung der Studien.....	33
5.2. Kritische Beurteilung der Fragestellung .....	37
5.3. Theorie-Praxis Transfer .....	39
6. Schlussfolgerung .....	40
7. Anmerkungen zur Arbeit	
7.1. Stärken und Schwächen der Arbeit .....	41
7.2. Ausblick .....	41
8. Verzeichnisse	
8.1. Literaturverzeichnis .....	42
8.2. Bildverzeichnis .....	44
8.3. Tabellenverzeichnis.....	45
9. Danksagung.....	46
10. Eigenständigkeitserklärung .....	46
11. Anhang	
11.1. Wortzahl.....	47
11.2. Beurteilung der Forschungsliteratur.....	47

## 1. Abstract

**Hintergrund:** Das patellofemorale Schmerzsyndrom (PFSS) ist ein häufiges Krankheitsbild am Knie, ausgelöst durch Überbelastung des patellofemorale Gelenkes. Ursachen dieser Überbelastung sind multifaktoriell. Eine veränderte Fusskinematik wird als eine davon vermutet.

**Ziel** der Arbeit ist, eine evidenzbasierte, handlungsgeleitete Praxisempfehlung abzugeben, wie die Fusskinematik in der physiotherapeutischen Behandlung von PFSS-Patienten zu berücksichtigen ist. Zusätzlich werden weiterführende Ansätze für die Forschung generiert.

**Methodisches Vorgehen:** In relevanten Gesundheitsdatenbanken wurde nach aktuellen Studien zu kinematischen Merkmalen des Fusses bei PFSS-Patienten gesucht. Suchtreffer wurden nach bestimmten Kriterien ein- respektive ausgeschlossen. Zwei Fall-Kontroll-Studien und ein klinisches Review wurden ausgewählt und bezüglich Qualität beurteilt. Die Ergebnisse wurden miteinander verglichen und zusammengefasst.

**Ergebnisse:** PFSS-Patienten wiesen während der Standbeinphase je nach Studie eine verminderte, eine verspätete oder eine verfrühte maximale Eversion, ein grösseres Ausmass an Dorsalextension und eine verfrühte maximale Dorsalextension auf.

**Schlussfolgerung:** Die Fusskinematik, insbesondere die des Rückfusses, spielt eine Rolle bei PFSS. Jedoch ist eine einheitlich veränderte Fusskinematik bei PFSS nicht nachgewiesen. Mangelnde Evidenz und fehlende prospektive Studien lassen es nicht zu, die Ursache von der Wirkung zu unterscheiden. Weitere Studien sind nötig um mögliche Ursachen aus der Fusskinematik zur Entwicklung von PFSS verstehen zu können.

**Keywords:** *patellofemoral pain syndrome, foot, kinematic*

## **2. Einleitung**

Das patellofemorale Schmerzsyndrom, abgekürzt PFSS, ist laut Taunton, Ryan, Clement, McKenzie, Lliod-Smith & Zumbo (2002) eines der häufigsten Probleme am Kniegelenk. Dabei seien mehrheitlich junge sportliche Frauen betroffen. Es werden Schmerzen peri- und retropatellär angegeben, welche in der Literatur auf einen erhöhten patellofemoralen Gelenkstress zurückgeführt werden (Barton et al., 2009, zitiert nach Dye, 2005). Die Gründe für den erhöhten Gelenkstress werden als multifaktoriell angesehen (Brukner, Khan, Crossley, Cook, Cowans & McConnel, 2007). Als mögliche Ursache wird nebst malalignment der Beinachsen, muskulären Faktoren und psychischen Faktoren auch eine veränderte Fusskinematik genannt (Barton et al., 2010).

PFSS-Patienten werden meistens konservativ behandelt, das heisst, meist mit Physiotherapie (Norris, 2004). In der Fachliteratur werden verschiedene physiotherapeutische Behandlungsansätze vorgeschlagen. Den Fuss betreffend werden aber lediglich Fussorthesen erwähnt im Zusammenhang mit Platt- oder Senkfüssen. Für die Behandlung einer veränderten Fusskinematik wurden in der Fachliteratur keine evidenzbasierten physiotherapeutischen Therapieansätze gefunden. Dafür braucht es ein grundlegendes Verständnis über die Rolle der Fusskinematik bei PFSS. Hier liegt der Ansatzpunkt dieser Arbeit. Zur Eingrenzung des Themas wird die Fusskinematik nur in der Standbeinphase untersucht. PFSS wird im theoretischen Teil definiert.

### **2.1. Fragestellung**

"Welche Rolle spielt die Fusskinematik während der Standbeinphase bei patellofemoralem Schmerzsyndrom?"

### **2.2. Zielsetzung**

Ziel der Arbeit ist, eine evidenzbasierte, handlungsgeleitete Praxisempfehlung abzugeben, wie die Fusskinematik in der physiotherapeutischen Behandlung von PFSS-Patienten zu berücksichtigen ist. Zusätzlich werden weiterführende Ansätze für die zukünftige Forschung generiert.

## 2.3. Methodik

### *Ziel des Abschnitts*

In diesem Abschnitt wird das methodische Vorgehen dargestellt. Zuerst werden die wesentlichen Arbeitsschritte aufgezeigt und dann wird das Vorgehen bei der Literatursuche beschrieben.

### 2.3.1 Wesentliche Schritte der Arbeit

Die wesentlichen Arbeitsschritte und der Zeitraum der Bearbeitung sind in der Tabelle 2.1 dargestellt.

Datum der Bearbeitung	09.2011	10.2011	11.2011	12.2011	01.2012	02.2012	03.2012
Einführung BA/Themenfindung							
Disposition							
Literaturrecherche							
Anpassung Fragestellung							
Literaturbearbeitung							
Erarbeiten von Hintergrundwissen							
Schreiben der Arbeit							
Überarbeiten/Korrigieren/Layout							
Abgabe							

Tabelle 2.1: Wesentliche Schritte der Arbeit

### 2.3.2 Literaturrecherche

Im Zeitraum zwischen September bis November 2011 wurde die Literaturrecherche vorgenommen. In den Gesundheitsdatenbanken CIHNAL Database, Cochrane Library, Medline (via Ovide SP) und PEDro wurde nach geeigneten Studien und Revues in den Sprachen Englisch, Deutsch und Französisch gesucht. Es wurden die Schlagwörter „patellofemoral pain syndrome“, „foot“ und „kinematic“ in den Suchfeldern für alle Rubriken eingegeben und mit dem UND-Operator verknüpft. Eingeschränkt wurde die Suche mit einem Publikationszeitfenster von 2000 bis 2011. In der Tabelle 2.2 sind die Anzahl Ergebnisse der einzelnen Datenbanken aufgeführt.

Datenbank	Schlagwörter	Treffer	Ausgewählt
CIHNAL database	<i>Patellofemoral pain syndrome AND foot AND kinematic</i>	6	2
Cochrane Library	<i>Patellofemoral pain syndrome AND foot AND kinematic</i>	1	0
Medline via Ovide SP	<i>Patellofemoral pain syndrome AND foot AND kinematic</i>	12	3
PEDro	<i>Patellofemoral pain syndrome AND foot AND kinematic</i>	0	0

**Tabelle 2.2: Suchtreffer in den Datenbanken**

Durch das Lesen der Abstracts wurden die geeigneten Studien ausgewählt. Einschlusskriterien waren:

- Untersuchungen an Patienten mit PFSS
- Studien enthalten kinematische/kinetische Analysen des Fusses oder Rückfusses
- Messungen in belastetem Zustand (Standbeinphase/Weightbearing)
- Gleiche Messungen an einer Kontrollgruppe ohne PFSS

Ausschlusskriterien:

- Messungen an Kindern (bis 18 Jahre)
- Messungen mit Fussorthesen
- Kinetische Analyse (nur Druckplatte) ohne kinematische Analyse

Nach dieser Überprüfung kamen zwei Fallstudien und ein Review in die engere Auswahl. Die Fallstudien wurden mit dem Bewertungsbogen „Critical Review Form Quantitative Studies“ von Law, Stewart, Pollock, Letts, Bosch & Westmorland (1998) beurteilt. Damit liess sich die methodische Qualität bestimmen. Die Beurteilung des Reviews erfolgte anhand des Bewertungsbogens von Public Health Resource Unit, England (2006). *Critical Appraisal Skills Programme (CASP) : 10 questions to help you make sense of reviews.*

### 3. Theoretische Grundlagen

#### Ziel des Abschnitts

Im Abschnitt *Theoretische Grundlagen* werden das nötige Hintergrundwissen zum Verständnis des patellofemorales Schmerzsyndroms sowie die Grundlagen der Fusskinematik erarbeitet. Das Ziel ist, die im Abschnitt 4 (Ergebnisse) und 5 (Diskussion) vorgestellte Forschungsliteratur der Thematik verstehen zu können.

### 3.1 Patellofemorales Schmerzsyndrom (PFSS)

#### Ziel des Abschnitts

Hier wird die Grundlage für das Verständnis des patellofemorales Schmerzsyndroms gelegt. Zuerst wird das patellofemorale Gelenk, welches bei PFSS betroffen ist, beschrieben. Die gängigsten Abweichungen, die das Patellofemoralgelenk betreffen, werden aufgezeigt. Weiter wird der Begriff patellofemorales Schmerzsyndrom definiert und von anderen in der Literatur verwendeten Begriffen abgegrenzt. Danach wird das Krankheitsbild mit den beteiligten Faktoren dargestellt. Zuletzt werden verschiedene aktuelle Therapieansätze aufgezeigt.

#### 3.1.1 Das Patellofemoralgelenk

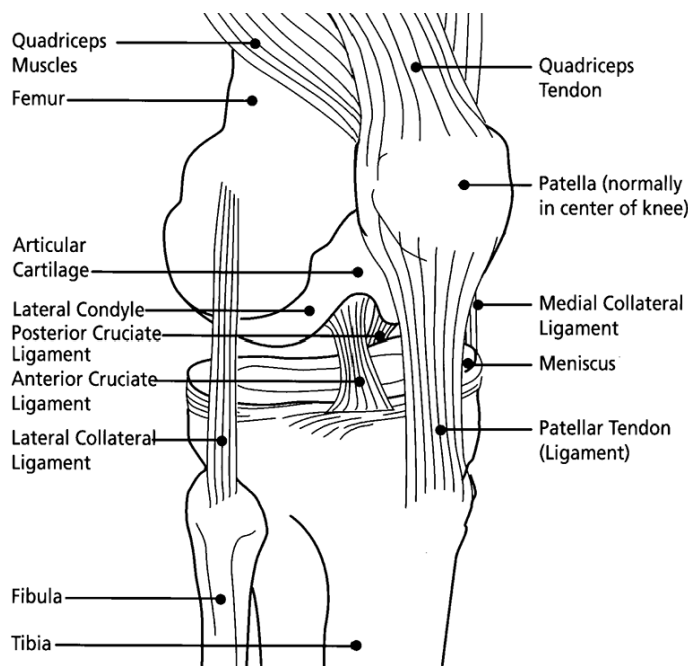


Abb. 3.1: Kniegelenk

Das Kniegelenk setzt sich zusammen aus Femorotibialgelenk und Patellofemoralgelenk. Die Gelenkspartner des Patellofemoralgelenks bestehen aus der Trochlea femoris und der Patella. Als grösstes Os sesamoideum ist die Patella zwischen dem Sehnenansatz der Streckermuskulatur (*Quadriceps Tendon*) und dem Lig. patellae (*Patellar Tendon*) eingespannt

(Abb.3.1). Geführt wird die Patella durch den Sulcus intercondylaris. Zusätzlich ist ein ganzer Bandkomplex für den Halt der Patella



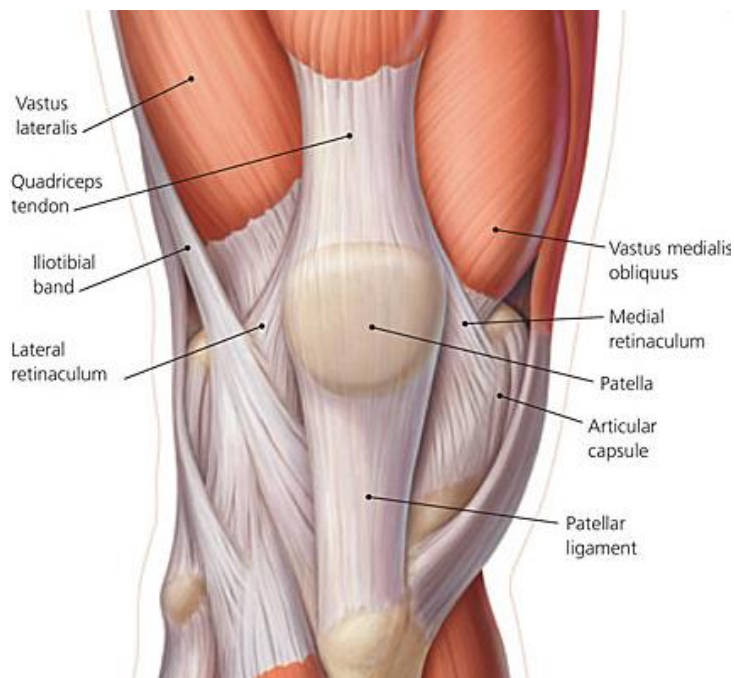


Abb. 3.2: Führung des Patellofemoralgelenks

und Stabilisierung sind verschiedenen Muskeln verantwortlich. Den Hauptzug übt der M. rectus femoris aus. Daneben spielt der M. vastus medialis eine wichtige Rolle, insbesondere die tiefen Anteile davon, der sogenannte M. vastus medialis obliquus (kurz VMO) (Norris, 2007. Abb. 3.2). Weiter wirkt auch der Tractus mit den Kaplanschen Fasern direkt auf die Patella (*Iliotibial band*). Indirekt beeinflusst auch die ischiokrurale Muskulatur den Streckapparat. Ist sie zum Beispiel verkürzt, führt dies zu einer vermehrten Beugehaltung, was wiederum eine grössere Belastung der Streckerkette bedeutet (Petersen&Ellermann, 2011).

### Biomechanik

Laut Schünke et al. (2007) liegen bei normalen Achsenverhältnissen die grossen Gelenke der unteren Extremität, Hüfte, Knie und Sprunggelenk, auf einer Linie untereinander. Die sogenannte Mikulicz-Linie (Abb. 3.3) verbindet also das Drehzentrum des Hüftgelenks mit der Eminentia intertrochanterica und mit der Malleolengabel. Bei der Tibia verläuft diese mechanische Traglinie identisch mit der

verantwortlich (Abb. 3.2). Er sorgt für die Vorspannung bei der ganzen Kniebewegung. Die Hauptkomponente bildet dabei das Retinaculum patellae. Es besteht aus den pars laterale sowie mediale (*Medial-, Lateral retinaculum*). Zusätzlich verlaufen in der Tiefe die Ligg. meniskopatellare (Schünke, Schulte, Schumacher, Voll& Wesker, 2007. *Nicht abgebildet*).

Für die dynamische Führung

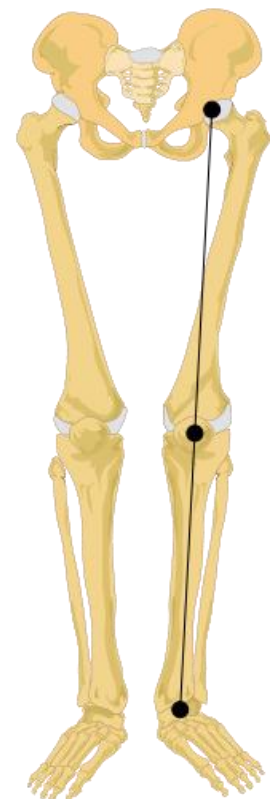


Abb. 3.3: Mikulicz-Linie

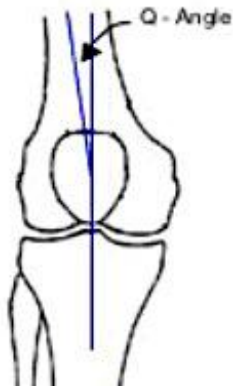


Abb. 3.4: Q-Winkel

anatomischen Achse. Beim Femur hingegen verlaufen die Traglinie und die anatomische Achse in einem Winkel von ca. 6°. Bei normalen Achsenverhältnissen bilden also Femur und Tibia einen nach aussen offenen Winkel von 174° (Femorotibialwinkel). Beim Patellofemoralgelenk liegt die Kraftwirkungsline des Quadrizeps über der anatomischen Achse des Femur. Die Kraftwirkungsline der Tibia verläuft ziemlich vertikal. Die Differenz dieser zwei Wirkungslinien wird als Q-Winkel bezeichnet (Abb. 4.4). Er beträgt im Normalfall 15-20° (Norris, 2007).

Auf dem Weg von der vollen Extension bis in die volle Flexion des Knies wird die Patella unterschiedlich in die Trochlea femoris gedrückt. Angefangen bei der vollen Extension ist die Belastung fast gleich null. Bei 20° Flexion wird der untere Pol belastet. Bei 45° steht der mittlere Teil unter Druck und bei 90° der obere. In voller Flexion, bei 135°, werden nur die äusseren Areale, rechts und links, belastet (Norris, 2007). Der Druck auf das Patellofemoralgelenk wird beim Gehen mit dem drei- bis vierfachen des Körpergewichts angegeben. Bei dem Treppen abwärts Steigen beträgt er sogar das neunfache des Körpergewichts (Norris, 2007, zitiert nach Cox, 1990). Während die Patellarückfläche komprimiert wird, steht der vordere Teil medial unter enormen Zug- und lateral unter Druckkräften. Dies ergibt sich aus dem Winkel der einwirkenden Kräfte, dem Q-Winkel. Mit der Änderung des Q-Winkels ändert sich auch das Belastungsmuster der Patella. Während des Gehens wird der Q-Winkel massgeblich beeinflusst durch die Hüftbewegungen und die Fusskinematik (Norris, 2007).

### Abweichungen der Beinachsen

Global betrachtet sind die bekanntesten Abweichungen der Beinachsen das Genu valgum und Genu varum (Abb. 3.5). Das Lot verläuft beim Genu varum medial der Kniemitte (O-Bein) und beim Genu valgum lateral der Kniemitte (X-Bein). Durch die jahrelange Fehlbelastung kommt es zu degenerativen



Abb. 3.5: Lot bei X-Bein und O-Bein

Veränderungen des Knorpel- und Knochengewebes (valgus-/varus gonarthrose), sowie zu Überdehnungen von Kapsel-, Band- und Muskelanteilen (Schünke et al.) Diese Abweichungen verändern massgeblich den Q-Winkel und wirken daher direkt auf das Patellofemoralgelenk.

### Anatomie der Patella

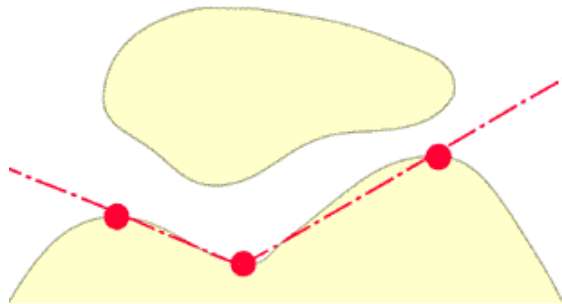


Abb. 3.6: Sulcuswinkel und Facettenlänge

Laut Hochschild (2008) ist im Normalfall die laterale Facette bei der Patella 1.7-mal länger als die Mediale. Der Facettenwinkel beträgt ca 130°. Dem entsprechend ist der Sulcus intercondylaris am Femur ausgeprägt. Die laterale Kondyle ist etwas höher als die mediale und der Sulcuswinkel beträgt etwa 140° (Abb. 3.6).

Folgend die wichtigsten anatomischen Abweichungen (nach Hochschild, 2008):

- Abflachung des Sulcus intercondylaris bis fehlen des Sulcus. Daraus resultiert eine Dezentrierung der Patella nach lateral. Die Dezentrierung kann bis zu einer Luxation führen
- Jägerhut-Patella: sehr steile mediale Facette
- Patella bipartita: Zweiteilung der Patella

Auch im Hinblick auf die Position der Patella im Kniegelenk gibt es Fehlstellungen. Zu nennen sind Abweichungen in der Patellahöhe. Diese werden mittels Röntgenbilder bestimmt. Nach Insall & Salvati (1971) wird das Verhältnis von dem grössten Längsdurchmesser der Patella zur Länge des Ligamentum patellae im seitlichen Strahlengang bestimmt. Im Normalfall ergibt sich ein Verhältniss von 1.0 +/- 0.2. Bei einem Verhältnis unter 0.8 spricht man von einer Patella alta (Abb. 3.7), bei mehr als 1.2 von einer Patella baja.

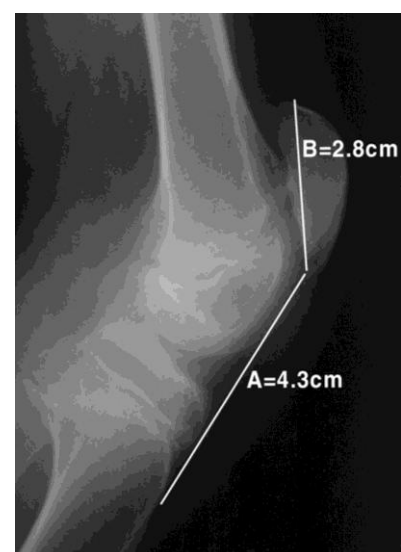


Abb. 3.7: Beispiel: Patella alta

Bei der ausgeprägten Patella alta (*Abb. 3.7*) kommt es in Extension zum überschnappen des unteren Patellapols über die Prominenz der Femurkondylen, auch Patella saltans genannt. Dies führt längerfristig zu Reizungen des Randknorpels und somit zu Osteophyten- und Randwulstbildungen, was beim Gleiten wiederum zu zusätzlichen Reizungen führt. Die Patella alta wird wegen der veränderten Biomechanik als Disposition für verschiedene Patellaerkrankungen beschrieben (Gorschewsky, Pförringer, Pitzel & Schweizer, 2005). Weit weniger häufig ist die Patella baja. Auch hier kommt es durch unphysiologische Belastungen zu Reizungen und degenerativen Veränderungen im Patellofemoralen Gleitlager (Gorschewsky et al., 2005). Laut Gorschewsky et al. (2005) werden noch weitere Punkte im Zusammenhang mit den Patellafehlpositionen genannt:

- Vermehrter Patella-Glide (laterale oder mediale Verschieblichkeit grösser als 25% des frontalen Patelladurchmessers)
- vermehrter Patella-Tilt (abnorme Stellung der Rotation in der Körperlängsachse)
- abnormes Patella-Tracking (festgestellte laterale oder mediale Subluxation der Patella aus dem femoralen Gleitlager während passiver oder aktiver Flexions- und Extensionsbewegung im Kniegelenk)
- veränderte Innen- oder Aussenrotation der Patella (Arno, 1990)

#### Zusammenfassung

Das **Patellofemoralgelenk** wird aus Patella und Trochlea femoris gebildet. Die Patella wird im Sulcus intercondylaris sowie durch einen Bandkomplex während dem ganzen Bewegungsausmass geführt. Der **Q-Winkel** hat Einfluss auf die Kraftwirkungslinien, die an der Patella wirken. Bei **Abweichungen der Beinachsen** (X-Bein, O-Bein) verändert sich dieser Winkel und damit die Belastung des Patellofemoralgelenks. **Anatomische Abweichungen** an der Patella und der Trochlea femoris führen zu Spitzenbelastungen und zur Luxationstendenz. **Fehlpositionen**, besonders der Patellahöhe, führen zu lokaler Überbelastung.

### 3.1.2. Begriffe für patelläre Schmerzen und Definition PFSS

#### *Ziel des Abschnitts*

Schmerzen rund um die Patella werden in der Literatur unterschiedlich benannt. Meist tauchen Begriffe auf wie anterior knee pain, chondromalacia patellae, patella malalignment syndrome oder patellofemorales Schmerzsyndrom. Im folgenden Abschnitt werden diese Begriffe definiert und vom PFSS abgegrenzt.

#### **Anterior knee pain**

Laut Benetto (k.D.) ist dieser Begriff ein Sammelbegriff für das Symptom Schmerz im vorderen Kniebereich. Dabei könne die Ursache und genaue Symptomatik sehr verschieden sein. Grob lässt sich die Pathologie, die zum vorderen Knieschmerz führt, in drei Hauptkreise einteilen:

- Malalignment der Beinachsen
- Muskuläre Dysbalance
- Überbeanspruchung des Streckapparates

#### **Chondromalacia patellae**

Wie der Name schon sagt, steht bei diesem Begriff die Knorpeldegeneration des patellären Knorpels im Mittelpunkt. Laut Kusma (2010) werden dabei die Schmerzen in verschiedenen anatomischen Strukturen ausgelöst aber nicht im hyalinen Knorpel, da dieser nicht innerviert ist. Als Ursache wird ein Missverhältnis zwischen Belastung und Belastbarkeit des retropatellären Knorpels angegeben. Dieses Missverhältnis kann unter anderem durch folgende Faktoren ausgelöst werden:

- Form- oder Stellungsfehler der Patella
- Aussergewöhnliche Belastung durch Sport oder Beruf
- Folgen von Knorpelkontusion oder Inkongruenz nach Fraktur
- Genu valgum oder Rotationsfehlstellung des Knies

Wenn die Belastungsgrenze überschritten ist, kommt es zum Aufweichen und Aufbrechen des Knorpels und schliesslich zum Knorpelverlust (Kusma, 2010).

## **Patella malalignment syndrome**

Bei dieser Diagnose handelt es sich um einen Sammelbegriff für alle abnormen Stellungen oder Bewegungen der Patella, die zu Schmerzen und/oder zu Instabilität führen können (Grelsamer, 2006).

## **Patellofemorales Schmerzsyndrom (PFSS)**

Die oben definierten Begriffe werden oft als Synonym für PFSS verwendet. Anders als bei der Chondromalacia patellae und dem Patella malalignment syndrome leitet sich der Begriff PFSS aber nicht nur von der betroffenen Struktur oder der Ursache ab sondern definiert sich, wie auch anterior knee pain, durch den Schmerz. Dies scheint sinnvoll, da der Pathomechanismus als multifaktoriell angesehen wird (Barton, Levinger, Menz & Webster, 2009) und verschiedene Strukturen die Symptome auslösen können. Im Vergleich zu anterior knee pain ist der Begriff PFSS jedoch etwas genauer, da er sich klar auf das patellofemorale Gelenk bezieht.

## **Prävalenz**

PFSS wird als eines der häufigsten klinischen Bilder vorgestellt in der Orthopädiepraxis (Barton et al., 2009, zitiert nach Feller, Amis, Andrish, Arendt, Erasmus & Powers, 2007). Junge Erwachsene sind die Meistbetroffenen und mehr Frauen als Männer (Taunton, Ryan, Clement, McKenzie, Lliod-Smith & Zumbo, 2002).

## **Äthiologie**

Die Ursache von PFSS ist noch längst nicht definitiv geklärt. In der Literatur ist man sich jedoch einig, dass der Pathomechanismus von verschiedenen Ursachen abhängt (Levinger et al., 2009). Folgend werden die wichtigsten aufgezeigt.

### *1. Malalignment*

Im Zusammenhang mit PFSS ist das patellofemorale Malalignment ein gewichtiger Faktor, der zur Über- und Fehlbelastung des Patellofemoralgelenks führt. Hier ist noch zu differenzieren zwischen dem anatomischen und funktionellen Malalignment. Zum anatomischen Malalignment gehören die bereits beschriebenen Abweichungen im Patellofemoralgelenk sowie die Fehlpositionen der Patella. Das funktionelle Malalignment hängt stark mit muskulären Faktoren zusammen. Dabei kann in der Funktion die korrekte Beinachse nicht gehalten

werden. Dies führt zu einer veränderten Belastung im Patellofemoralgelenk und somit zur Überlastung einzelner Strukturen.

## *2. Muskuläre Faktoren*

Laut Norris (2004) weisen PFSS-Patienten oft Asymmetrien auf in der Kraftentwicklung zwischen den Muskeln. So ist das Verhältnis zwischen der Ischiokruralmuskulatur und vom M. quadrizeps besonders wichtig. Isokinetische Tests zeigten Veränderungen bei PFSS-Patienten im Vergleich zu gesunden Probanden. Sie wiesen deutliche Defizite der motorischen Kontrolle auf, vor allem in die belastete Extension. Dabei war sowohl der Quadrizeps als grosser Kraftentwickler betroffen als auch das Timing und die Aktivität des VMO. Dieser spielt jedoch in der Stabilisierung des Patellofemoralgelenks eine wesentliche Rolle. Nach Petersen & Ellermann (2011) haben muskuläre Gegebenheiten, vor allem der Hüfte, Einfluss auf die Kniestabilität. So führen schwache Hüftabduktoren zu einer vermehrten Innenrotation des Femurs, was dann in einer Valgisatonstendenz mündet.

## *3. Fussbiomechanik*

In wie weit die Fusskinematik Einfluss auf das PFSS hat ist Gegenstand dieser Arbeit. In der Fachliteratur wird eine veränderte Fusskinematik als beteiligter Faktor dargestellt. Dabei wird auf das untere Sprunggelenk verwiesen (Norris, 2004). In dieser Arbeit wird im Abschnitt 3.2 dieses Thema noch detailliert aufgegriffen.

## *4. Psychische Faktoren*

Nicht zuletzt werden auch psychische Faktoren im Zusammenhang mit PFSS genannt (Petersen&Ellermann, 2011). Vor allem bei jungen Leistungssportlern, die unter einem steigenden Leistungsdruck stehen, können Knieschmerzen zur gewünschten Aufmerksamkeit verhelfen. Die Knieschmerzen werden dann als Grund für den Leistungsknick angegeben. Somit ist ein sekundärer Krankheitsgewinn gegeben, was die Symptome wesentlich verstärken kann (Petersen & Ellermann, 2011).



## Zusammenfassung

**Anterior Knee Pain** steht für Schmerz im vorderen Knie ausgelöst durch Malalignment, muskuläre Faktoren oder Überbeanspruchung des Streckapparats. **Chondromalacia patellae** beschreibt Schmerzen im Zusammenhang mit degeneriertem Knorpel, ausgelöst durch Formfehler der Patella oder des Femurs sowie Gelenksflächeninkongruenz nach einer Fraktur oder chronischer Fehlbelastung. **Patella malalignment syndrome** wird bei patellären Schmerzen, ausgelöst durch Fehlstellungen der Patella, verwendet. **PFSS** wird durch den Schmerz definiert, bezieht sich aber gleichzeitig auf das Patellofemoralgelenk. PFSS kommt häufig bei jungen Erwachsenen vor. Als Ursachen werden Malalignment, muskuläre Faktoren, Fussbiomechanik und psychische Faktoren genannt.

### 3.1.3 Therapiemöglichkeiten

#### Ziel des Abschnitts

Die am besten untersuchten Therapien bei PFSS sind Physiotherapie, Tape, Knieorthesen, Einlagen und pharmakologische Therapie. (Petersen&Ellermann, 2011). Das Ziel ist, einen Überblick über die aktuell angewendeten Ansätze in der Physiotherapie zu bekommen.

Ein wichtiger Teil der physiotherapeutischen Behandlung ist der Befund der ganzen Weichteilsituation und der Muscle Balance. Grundsätzlich werden verkürzte Muskeln gedehnt und abgeschwächte gekräftigt. Da der M. vastus medialis obliquus (kurz VMO) eine ganz wichtige Rolle spielt, werden Übungen zur Reaktivierung des VMO instruiert. Dabei ist das Training in geschlossener Kette zu bevorzugen.



Abb. 3.8: EMG-Kontrolle auf dem VMO

Schlussendlich sollten Übungen möglichst funktionell sein mit allen Komponenten der Standbeinphase. Der Einsatz von Oberflächen Elektromyographie (EMG) kann hilfreich sein um ein direktes Feedback des gewünschten Muskels zu erhalten (Abb. 3.8). Weiter sind Kräftigungsübungen für abgeschwächte Ischiokruralmuskeln indiziert. Auch

Hüftabduktoren und Rotatoren sind bei Bedarf zu kräftigen (Norris, 2004).

Manualtherapeutisch besteht die Möglichkeit passive oder assistive physiologische und akzessorische Bewegungen der Patella durchzuführen. Dabei sollten Verspannungen im lateralen Trakt aufgedehnt werden (Hochschild, 2002).





Abb. 3.9: Tape nach Mc.Connel

Ein weiterer Therapieansatz ist das Taping. Norris (2004) und Petersen & Ellermann (2011) nennen das Tape nach McConnel (Abb. 3.9). Dabei wird das Tape je nach Situation zur Korrektur von A-P Tilt, lateraler Tilt, Glide oder Rotation angewendet.

Als Massnahme zur Rezentrierung der Patella können in der ersten Phase auch Knieorthesen verwendet werden.

Längerfristig sollte die Zentrierung der Patella aber ohne Hilfsmittel möglich sein. (Petersen & Ellermann, 2011).

Als weiterer Therapieansatz werden Platt- und Senkfüsse mit Fussorthesen korrigiert. Das Ziel ist dabei ein malalignment der Beinachsen, das durch eine schlechte Fusstatik hervorgerufen wird, zu vermeiden (Norris, 2004).

Vor allem bei akuten Schmerzen ist die Einnahme von NSAR

Teil der konservativen Therapie (Petersen & Ellermann, 2011). Die Therapie von PFSS ist laut Petersen & Ellermann (2011) in erster Linie konservativ. Wenn jedoch die konservativen Möglichkeiten ausgeschöpft sind nennt Norris (2004) mögliche operative Eingriffe. Diese gehen von der Teilversetzung des Lig. Patellae bis zur totalen Entfernung der Patella.



Abb. 3.10: Knieorthese

### Zusammenfassung

Physiotherapeutische Ansätze bei PFSS sind genaues **Befunden der Muskulatur**, welche bei Verkürzung gedehnt und bei Schwäche auftrainiert wird. Der **VMO** ist besonders zu beachten. Für dessen Aktivierung kann EMG als Unterstützung dienen.

**Beweglichkeitseinschränkungen** der Patella können manuell bearbeitet werden. Zur **Zentrierung** der Patella werden das Tape nach McConnel sowie Knieorthesen vorgeschlagen. Bei Platt- oder Senkfüssen sind **Fussorthesen** zur Stabilisierung der Beinachsen empfohlen.

## 3.2 Fusskinematik in der Standbeinphase

### *Ziel des Abschnitts*

Das Thema dieses Abschnitts ist die Fusskinematik während der Standbeinphase. Es wird die Grundlage gelegt für das Verständnis der Fusskinematik und deren Zusammenhang mit PFSS. Zuerst wird der Rückfuss beschrieben mit den wichtigsten Knochen, Gelenken und Muskeln. Weiter wird der Bewegungsablauf des Fusses beim Gesunden beschrieben. Zuletzt werden die Abweichungen und deren Folgen aufgezeigt, welche in der Forschungsliteratur im Abschnitt 5 (Ergebnisse) bei Patienten mit PFSS festgestellt wurden.

### 3.2.1 Definition der Fusskinematik in dieser Arbeit

Der Begriff Kinematik beschreibt die Bewegung eines Körpers, nimmt aber keine Rücksicht auf die Kräfte, die dabei wirken (Knappstein, 2004). Im Rahmen dieser Arbeit wurden Studien gesucht, die sich mit der Kinematik und zum Teil mit der Kinetik (=Kinematik mit Berücksichtigung der Kräfte) beschäftigten. Das heisst, Bewegungen von einzelnen Knochenpunkten von Knochen wie Tibia, Fibula, Calcaneus, Metatarsale I+V etc. wurden beim Gehen im Ganglabor gemessen. Mit den Daten konnten dann die Winkelbewegungen der Gelenke oberes Sprunggelenk, unteres Sprunggelenk oder Verschraubung des Mittelfusses errechnet werden. Zusätzlich wurden bei einigen Studien im Boden eingebaute Druckplatten zur Messung der Bodenreaktionskräfte verwendet. Für die Fragestellung dieser Arbeit ist jedoch nur die Kinematik relevant. Aus diesem Grund wird in diesem Abschnitt nicht weiter auf die Kräfte, die am Fuss wirken, eingegangen.

### 3.2.2 Anatomie



Abb. 3.11: OSG

Im Unterschenkel bilden Tibia und Fibula die mechanische Verbindung zwischen Knie- und Sprunggelenk. Zusammen bilden sie die Maleolengabel die als proximaler Gelenkspartner des oberen Sprunggelenks (OSG) dient (Abb. 3.11). Der distale Gelenkspartner bildet die Trochlea tali. Diese ist vorne etwas breiter als hinten was dazu führt, dass die Maleolengabel bei dorsalextension etwas gespreizt wird (Wappelhorst, Kittelmann & Röbbelen, 2006). Diese

Position wird auch Closed-packed-position genannt. Zwischen der Trochlea tali und

der Maleolengabel wird eine Beweglichkeit in Dorsalextension/ Plantarflexion von 30-0-50 Grad erreicht (Hochschild, 2008). Stabilisiert und geführt wird das OSG durch verschiedenen Bänder medial und lateral.



Abb. 3.12 Rückfuss

Die beteiligten Knochen des unteren Sprunggelenkes (USG) sind Os talus, calcaneus und naviculare. Dabei besteht das USG anatomisch aus zwei getrennten Teilgelenken, der vorderen und hinteren Kammer. Funktionell bilden sie jedoch eine Einheit. In der vorderen Kammer artikulieren Talus, Calcaneus und Naviculare zusammen. In der hinteren Kammer sind es der Talus und der calcaneus (Abb. 3.12).

Die Bewegungen im USG sind komplex. Es finden grundsätzlich Bewegungen um alle drei Raumachsen statt. Funktionell kommen aber nur kombinierte Bewegungen zustande. Diese Kombinationsbewegungen werden Inversion (Flexion/Adduktion/Supination) und Eversion (Extension/Abduktion/Pronation) genannt. Die dazugehörige Achse wird als Henkesche Achse bezeichnet (Abb. 3.13). Das Bewegungsausmass beträgt für die Inversion 20-30° und für die Eversion 10-20°. Diese Bewegungen dienen grundsätzlich der Anpassung des Fusses an unebenen Boden. Für die Verschraubung des Fusses braucht es aber alle Fussgelenke (Hochschild, 2008).

Für die Bewegung des Calcaneus spielt weiter das Articulatio calcaneocuboidea (Abb.3.12) eine wichtige Rolle. In diesem Gelenk finden Pro- und Supinationsbewegungen mit zum Teil grossem Ausmass

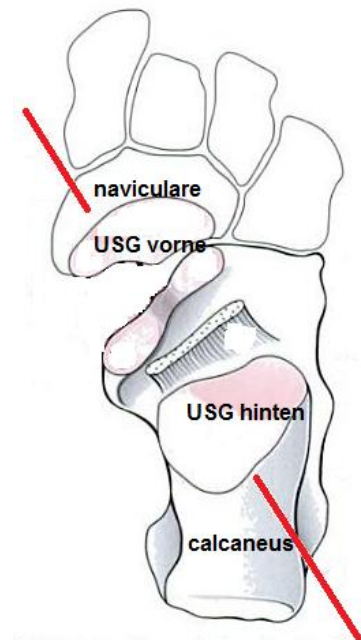


Abb. 3.13: Henkesche Achse

statt, da in diesem Gelenk der Vor- gegenüber dem Rückfuss verschraubt wird. Für die weiteren Gelenke des Mittelfusses ist zu beachten, dass sie, wenn zum Teil auch nur gering, in der gesamten Fussbewegung mitspielen.

Beteiligt an den komplexen Bewegungen des Fusses sind insgesamt 19 Muskeln. In Tabelle 3.1 werden die Wichtigsten bezüglich der Rückfussbewegungen aufgelistet. Die Muskeln werden nach ihrer Funktion im Rückfuss eingeteilt. In Abb. 3.14 sind sie mit den jeweiligen Nummern aus der Tabelle dargestellt.

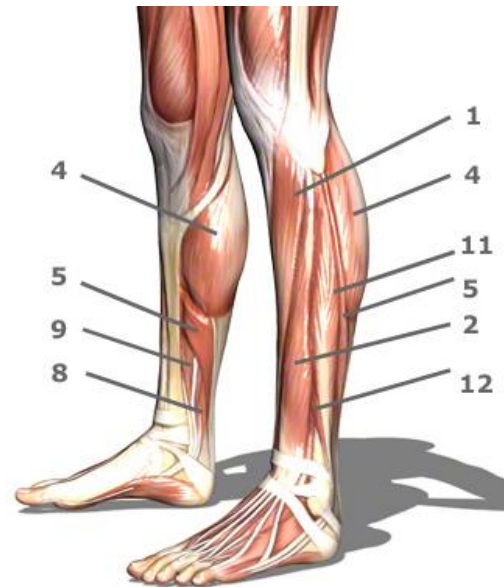


Abb. 3.14: Wichtige Muskeln des Rückfusses

Plant.flex./Inversion	Plant.flex./Eversion	Dorsalext./Eversion	Dorsalext./Inversion
<ul style="list-style-type: none"> <li>• M. triceps surae(4,5)</li> <li>• M. flexor hallucis longus (8)</li> <li>• M. flexor digitorum longus (9)</li> <li>• M. tibialis posterior</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• M. peroneus longus (11)</li> <li>• M. peroneus brevis (12)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• M. extensor digitorum longus (2)</li> <li>• M. extensor hallucis longus(3)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• M. tibialis anterior (1)</li> </ul>

Tabelle 3.1: Fussmuskeln

#### Zusammenfassung

In der **Fussskinematik** werden Bewegungen der Fussgelenke beschrieben. Gemessen werden sie anhand von bestimmten Knochenpunkten. Tibia und Fibula bilden die **Malleolengabel** und gehören zusammen mit dem **Talus** zum **oberen Sprunggelenk**. **Talus**, **Calcaneus** und **Os naviculare** bilden das **untere Sprunggelenk**. Bewegungen des unteren Sprunggelenks sind komplex. Um die **Henkesche Achse** finden die Bewegungen **Inversion** und **Eversion** statt. Für die Bewegungssteuerung im Rückfuss sind verschiedene Muskeln des Unterschenkels verantwortlich. Sie werden nach ihren Funktionen im OSG und USG unterteilt.

### 3.2.3 Fusskinematik in der Standbeinphase

#### *Ziel des Abschnitts*

Die Bewegungen des Fusses während der Standbeinphase sind komplex. In diesem Zusammenhang wird die Kinematik der Sprunggelenke und des Mittelfusses nach Götz-Neumann (2003) beschrieben. Dann werden die Abweichungen, die in der Forschungsliteratur gefunden wurden, nach Götz-Neumann (2003) dargestellt.

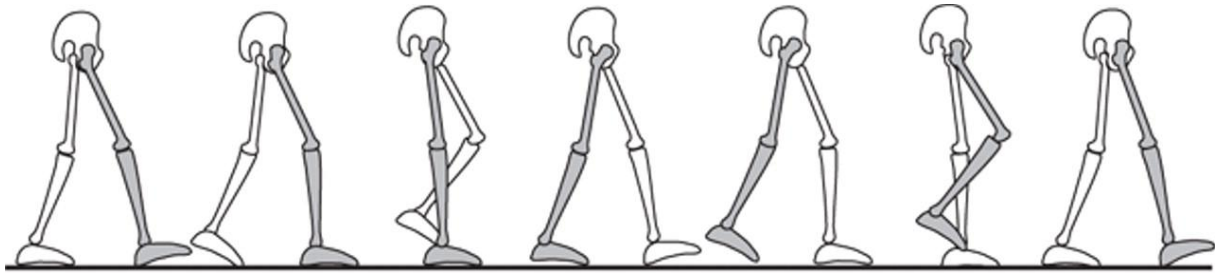


Abb. 3.15: Gangzyklus mit den einzelnen Phasen

#### **Initial Contact (0% Gangzyklus)**

Das OSG steht in neutral-null-Stellung. Ebenso auch das USG.

#### **Loading Response (0-12% Gangzyklus)**

Das OSG läuft sehr schnell aus der Neutral-Null-Stellung in 5° Plantarflexion. Dabei arbeitet die prätibiale Muskulatur exzentrisch und bringt die Tibia nach vorne. Im USG entsteht eine Eversion von 5°. Diese wird von den M. tibialis anterior und posterior exzentrisch kontrolliert. Diese Eversion hat funktionelle Bedeutung:

- Sie unterstützt Stossdämpfung
- Sie bewirkt eine Innenrotation der Tibia, was die rotatorische Belastung des OSG reduziert und gleichzeitig das Kniegelenk entriegelt für die notwendige Kniegelenksflexion
- Die Artt. Tarsi transversea werden mit der subtalaren Eversion entriegelt wodurch eine Stossdämpfung innerhalb des Fusses zustande kommt und der Fuss fähig wird, sich dem Boden anzupassen.

#### **Midstance (12-31% Gangzyklus)**

Das OSG bewegt sich aus 5° Plantarflexion in 5° Dorsalextension. Dabei werden der M. soleus und mit zunehmender Knieextension die Mm. gastrocnemii aktiv und kontrollieren exzentrisch die Vorwärtsbewegung der Tibia und des Femur.

Im USG wird die Eversion von 5° langsam verringert. Dabei beginnen die Inversoren konzentrisch zu arbeiten.

#### **Terminal Stance (31-50% Gangzyklus)**

Das OSG kommt von 5° Dorsalextension bis zu 10° Dorsalextension. Der Triceps surae entwickelt seine Höchstaktivität um eine noch grössere Dorsalextension zu verhindern und den Fersen anzuheben. M. flexor digitorum longus und M. flexor hallucis longus kommen zum Aktivitätsmaximum zur Stabilisierung des Längsgewölbes. Im USG wird die Eversion weiter bis auf 2° verringert. Dies bewirkt das Gegenteil zur loading response: Durch die verminderte Eversion wird der Fuss wieder verriegelt, was für die Stabilität beim Ablösen der Ferse von grosser Bedeutung ist. Dazu erreichen die Inversoren (*Tabelle 3.1*) ihre volle Aktivität.

### **3.2.4 Pathologische Fusskinematik in der Standbeinphase**

Abweichungen, die den Fuss betreffen, sind vielfältig. An dieser Stelle werden nur folgende Bilder nach Götz-Neumann (2003) beschrieben:

- Exzess Dorsalextension im OSG
- Exzess Inversion im USG
- Exzess Eversion im USG

#### **Exzess Dorsalextension**

Eine übermässige Dorsalextension im OSG führt zu einer gestörten Gangfunktion während der Standbeinphase. Während dem Initial Contact kommt es zu einem excessiven Heel Rocker. Dies führt weiterlaufend in der Loading Response bis zu einer Verdoppelung der normalen Knieflexion. In Terminal Stance löst sich die Ferse später. Die Auswirkungen sind erhöhte Belastungen des Knies, besonders des M.quadrizeps wegen mangelnder Stabilität und erhöhter Knieflexion. Die Ursache für eine erhöhte Dorsalextension wird folgenden Punkten zugeschrieben:

- Schwäche des Triceps surae
- Fixierte Dorsalextensionsstellung (Arthrodesse/Orthese)
- Flexionskontraktur im Kniegelenk

## Exzess Inversion

Statt dass der Rückfuss während der Standbeinphase in einer mehr oder weniger ausgeprägten Eversion steht, kippt der Calcaneus gegenüber dem Talus nach medial ab. Als Gründe dafür sind unter anderen folgende Punkte zu nennen:

- Hypertonie der Mm. tibialis anterior, tibialis posterior und soleus
- Varuskontraktur
- Schwäche der Peronäalmuskulatur
- Innenrotatorische Tibiartorsion

Dabei kommt es zu folgenden Auswirkungen:

- Schlechte Ausgangsposition für Gewichtsübernahme
- Reduzierte Stossdämpfung durch Rigidität des Subtalargelenks
- Durch excessive laterale Fussunterstützung kann es zum Abkippen und zum Trauma des Fusses kommen (Supinationstrauma).

## Exzess Eversion

Bei dieser Abweichung wird eine normale Eversion überschritten. Dabei wird die Vorfussunterstützung nur vom medialen Bereich übernommen und zugleich findet eine Abflachung des Längsgewölbes statt. In extremen Fällen kann sogar das mediale Fussgewölbe den Boden berühren. Als Ursache werden unter anderen folgende Punkte genannt:

- Schwäche der Mm. tibialis anterior, tibialis posterior und soleus
- Abweichung der Beinlängsachse (Valgus)
- Hypertonus der peronäischen Muskulatur

### Zusammenfassung

Die Standbeinphase wird unterteilt in **initial contact**, **loading response**, **midstance** und **terminal stance**. Die wichtigsten Abweichungen im Zusammenhang mit dieser Arbeit sind diese: **Exzess Dorsalextension**, führt zu erhöhter Belastung des Quadrizeps, **Exzess Inversion**, bewirkt reduzierte Stossdämpfung, **Exzess Pronation**, führt zur Abflachung des Längsgewölbes.



## 4. Ergebnisse

### *Ziel des Abschnitts*

An dieser Stelle wird die Forschungsliteratur aus der in Kapitel 2.3.3 beschriebenen Literaturrecherche vorgestellt. Die Studienart, die Gruppen und das Vorgehen werden kurz beschrieben. Zuerst werden die zwei Fallstudien und anschliessend das klinische Review vorgestellt.

### 4.1. Vorstellung der ausgewählten Studien

#### **Studie 1: Levinger&Gilleard (2005)**

Bei der Studie von Levinger &Gilleard (2005) handelt es sich um eine komparative Studie welche unabhängige Variablen zwischen zwei Gruppen, PFSS und Kontrollgruppe, verglichen hat. Sie hatte zum Ziel, die dreidimensionalen Bewegungen des Rückfusses und der Tibia sowie die Bodenreaktionskräfte bei Patienten mit PFSS mit gesunden Probanden zu vergleichen.

Die Gruppe mit PFSS bestand aus 13 Frauen mit einem Durchschnittsalter von  $38.4 \pm 10.11$  (S.D.) Jahren. Alle betrieben ähnliche sportliche Aktivitäten im Durchschnitt 3.0 Stunden pro Woche. Alle waren vom PFSS am rechten Knie betroffen seit 1.5-30 Jahren. Einschlusskriterien waren patelläre Schmerzen die durch Belastungen wie Rennen, Treppensteigen, Knien oder bei längerem Sitzen verschlimmert wurden. Ausschlusskriterien waren:

- Positive Tests: Varus-/Valgusstresstest, Lachmann, anterior and posterior drawer test, pivot shift und McMurray
- Traumatische Knieverletzungen
- Patellarsehnenentzündungen (Jumper's Knee)
- Voroperationen
- Bänder oder Meniskusverletzungen
- Starke Knieverformungen (varus/valgus)
- Starke Fussverformungen (pes cavus, pes planus, hallux valgus)



In der Kontrollgruppe waren 14 Frauen mit einem Durchschnittsalter von  $25.07 \pm 8.67$  (S.D.) Jahren. Auch sie betrieben ähnliche sportliche Aktivitäten im Durchschnitt 4.1 Stunden pro Woche. Sie waren ohne Symptome und ohne angeborene oder traumatisch erworbene Abweichungen an den unteren Extremitäten. Die gleichen Ausschlusskriterien wie in der PFSS Gruppe wurden auch hier angewendet. Im Messlabor mussten die Probanden in selbst gewähltem Tempo über die Gehbahn barfuss gehen. Dabei wurden sie angewiesen, nicht auf den Boden zu schauen sondern auf einen Marker, der auf Augenhöhe angebracht war. Dies wurde mehrere Male durchgeführt, um schliesslich fünf Gänge, bei denen der zu messende Fuss auf der Druckplatte abgerollt war, aufzuzeichnen. Aus diesen fünf Messungen wurde dann der Durchschnitt errechnet. Auch die Gehgeschwindigkeit wurde aufgezeichnet. Für die Bewegungsmessung der einzelnen Knochenpunkte waren vier Kameras aufgestellt die gleichzeitig mit ihren Aufnahmen eine dreidimensionale Rekonstruktion der Bewegungen ermöglichten. Die Knochenpunkte wurden mittels reflektierenden Markern gekennzeichnet. Dabei wurde eine an die Tibia angepasste Schale, welche als Träger für die Marker diente, mit Tape am Unterschenkel fest geklebt. Daran wurden auf Höhe von 20% und 30% der Tibiaschaftlänge, gemessen vom medialen Malleolus an, je ein Marker lateral und anterior des Unterschenkels befestigt. Am Calcaneus wurden drei Marker angebracht: dorsal in der Mitte an der oberen und unteren Kante sowie lateral direkt unter dem Malleolus. Für die Bodenreaktionskräfte war in der Laufbahn eine Druckplatte positioniert. Zur Bearbeitung dieser Daten wurde das Körpergewicht der Probanden eingegeben. Mit der Software Peak Motus wurden die gemessenen kinetischen und kinematischen Daten in ein dreidimensionales Modell aufgenommen. Daraus konnten dann die einzelnen Bewegungen und Kräfte und die Zeitpunkte der einzelnen Bewegungen, respektive der Kräfte, errechnet werden.

## **Studie 2: Barton et al. (2010)**

Ähnlich wie bei Levinger und Gilleard (2005) wurde die Studie von Barton, Levinger, Webster & Menz (2010) durchgeführt. Auch hier handelt es sich um eine komparative Studie welche unabhängige Variablen zwischen zwei Gruppen, PFSS und Kontrollgruppe, verglichen hat. Das Ziel der Studie war, kinematische Merkmale von Fuss, Knie und Hüfte zu untersuchen, welche in der Literatur als mögliche Faktoren zur Entwicklung von PFSS beschrieben werden.

Für die PFSS-Gruppe nahmen fünf Männer und einundzwanzig Frauen teil. Das Durchschnittsalter betrug  $25.1 \pm 4.6$  (S.D.) Jahre. Einschlusskriterien waren:

- Alter: 18-35 Jahre
- Schleichend aufgetretene Schmerzen peri-/retropatellär seit mindestens 6 Wochen
- Schmerzen ausgelöst durch mindestens zwei der folgenden Aktivitäten: Laufen, Gehen, Hüpfen, in die Hocke gehen, Treppe hinabsteigen oder längeres Sitzen

Ausgeschlossen wurden Patienten mit:

- Begleitverletzungen oder Schmerzen aus der Wirbelsäule oder Hüfte
- Insuffiziente Kniebänder
- Knievoroperationen
- Instabilität des Patellofemoralgelenks oder Patellarsehnenentzündung
- Einsatz von Fussorthesen in den letzten fünf Jahren

In der Kontrollgruppe nahmen vier Männer und sechzehn Frauen teil. Das Durchschnittsalter betrug  $23.4 \pm 2.3$  (S.D.). Als Einschlusskriterium galt das gleiche Alter wie bei der PFSS-Gruppe. Ausschlusskriterien waren:

- Operationen oder Verletzungen in der LWS oder den Beinen
- Schmerzen in der LWS oder den Beinen, die sie in den letzten sechs Monaten in ihrer Aktivität behindert hätten
- Fussorthesen in den letzten fünf Jahren

Bei beiden Gruppen wurde die physische Aktivität mittels eines Fragebogens (*International Physical Activity Questionnaires*, kurz *IPAQ*) ermittelt. Für die Messungen wurde in der PFSS-Gruppe das betroffene oder das mehrbetroffene Bein genommen. In der Kontrollgruppe wurde das Bein randomisiert zugeordnet, so dass in beiden Gruppen gleich viele rechte und linke Beine gemessen wurden. Ausgeführt wurden die Messungen in einem Messlabor wo die Bewegungen mittels zehn Kameras gleichzeitig aufgenommen wurden und die Bodenreaktionskräfte über eine integrierte Druckplatte aufgezeichnet wurden. Die Probanden mussten mit einem selbst gewählten Tempo über die Gehbahn barfuss gehen. Vor der Messung wurden folgende Daten der Probanden in die Software eingegeben und für die Berechnung verwendet: Grösse, Gewicht, SIAS-Abstand, SIAS-Trochantor major-Abstand, Kniebreite und Maleolenbreite. Die Reflektoren wurden an folgenden Punkten befestigt: Mittelpunkt des Sakrums (auf Höhe Verbindungsliene der SIPS), SIAS beidseitig, Femurschaft (mit 5cm Abstand), Fubulaköpfchen, Tuberositas tibiae, laterale Tibia (mit 5cm Abstand), medialer und lateraler Malleolus, drei Marker über dem Calcaneus (einer mit 5cm Abstand), lateraler Calcaneus, Sustentaculum tali, caput und basis os metatarsi I, caput und basis os metatarsi V und proximale phalanx I. Im entspannten Stand wurden die Marker kalibriert. Danach wurden einige Marker, die nur für die Kalibrierung eine Rolle spielten, wieder entfernt. Vor den Messungen übten die Probanden das Gehen auf der Messbahn um sich an die Umgebung und die Marker zu gewöhnen. Danach wurden fünf Messungen aufgezeichnet bei denen der Fuss auf der Druckplatte abgerollt war. Mit der Vicon Nexus Software wurden die Bewegungen in einem 3-D-Modell nachkonstruiert. Zusammen mit den zusätzlichen Daten der Druckplatte konnten dann die einzelnen Bewegungen und Kräfte und die Zeitpunkte der einzelnen Bewegungen, respektive der Kräfte, errechnet werden.

### **Review: Barton et al. (2009)**

In einem systematischen Review suchten Barton, Levinger, Menz & Webster(2009) die Literatur nach Prospektivstudien und Fallstudien über kinematische Gangmerkmale bei PFSS ab. Das Ziel war, einerseits die vorhandenen Informationen zusammen zu tragen und andererseits, Vorschläge zu generieren, was und wie in diesem Gebiet weitergeforscht werden soll. Im Mai 2009 wurden Medline, Embase, Cinahl und andere aktuelle Datenbanken abgesucht. Verwendet wurden folgende Begriffe: *biomechanics, kinematics, motion, gait, walking, locomotion, running*. Dazu kamen, je nach Datenbank, noch weitere Begriffe um die Suche so sensitiv wie möglich zu gestalten.

Einschlusskriterien für die gefundenen Studien waren:

- Prospektive / komparative Studien in englischer Sprache
- Kinematische Untersuchungen beim Gehen, Rennen, Treppen hinabsteigen und Rampe abwärtsgehen
- PFSS oder verwandte Begriffe

Nach der Suche wurden alle Titel und Abstracts von zwei verschiedenen Lesern auf ihre Brauchbarkeit hin überprüft. Schliesslich wurden 24 Fallstudien ausgewählt (*Tabelle 4.1*). Prospektivstudien wurden keine gefunden. Die so gewählten Studien wurden mit zwei verschiedenen Messinstrumenten auf ihre Reliabilität und Validität untersucht. Auch dies führten für jede Studie zwei unabhängige Leser durch.

Danach wurden die Mittelwerte und die Standardabweichungen aus allen Studien extrahiert um die Messwerte vergleichbar machen zu können. Es wurde für alle ein Konfidenzintervall von 95% festgelegt. Dies war nötig um die Resultate der verschiedenen Studien vergleichen zu können. Um die verschiedenen Ergebnisse interpretieren zu können, wurden bei jeder Studie folgende Angaben herausgesucht: Gruppengrösse, Gruppenzusammensetzung, Lokomotionsart, Messvariablen und Berücksichtigung von zeitlichen und räumlichen Faktoren (Geschwindigkeit, Schrittlänge, Schrittfrequenz).

Studie	Lokomotionsart	Messung an
Andersen&Herrington (2003)	Treppe abwärts	Knie (2D)
Besier et al.(2009)	Gehen, Laufen	Hüfte, Knie, Rückfuss (3D)
Bolgia et al. (2008)	Treppe auf/ab	Hüfte(3D)
Brechter&Powers (2002)	Gehen	Knie (3D)
Brechter&Powers (2002)	Treppe auf/ab	Knie (3D)
Brindle et al. (2003)	Treppe auf/ab	Knie (3D)
Callaghan&Baltzopoulos (1994)	Gehen	Eversion Fuss (3D)
Crossley et al. (2004)	Treppe auf/ab	Knie (2D)
Dierks&Davis (2008)	Laufen (Laufband)	Hüfte, Knie (3D)
Dillon et al. (1983)	Gehen flach und 15° abwärts (Laufband)	Hüfte, Knie, Rückfuss (2D)
Duffey et al. (2000)	Laufen (Laufband)	Eversion Fuss (2D)
Grenholm et al. (2009)	Treppe abwärts	Hüfte, Knie, Rückfuss (3D)
Heiderscheit et al (2002)	Laufen	Knie, Rückfuss (3D)
Hetsroni et al. (2006)	Gehen (Laufband)	Eversion Fuss (3D)
Levinger&Gileard (2005)	Gehen	Rückfuss (3D)
Levinger&Gileard (2007)	Gehen	Rückfuss und Tibia (3D)
Nadeau et al. (1997)	Gehen	Hüfte, Knie, Fuss (3D)
Powers et al. (2002)	Gehen	Knie, Fuss (3D)
Powers et al. (1996)	Gehen normal/schnell Rampe auf/ab Treppe auf/ab	Knie (3D)
Powers et al. (1997)	Gehen normal/schnell Rampe auf/ab Treppe auf/ab	Hüfte, Knie, Fuss (3D)
Powers et al. (1999)	Gehen normal/schnell	Knie (3D)
Salisch et al. (2001)	Treppe auf/ab	Hüfte, Knie, Fuss (3D)
Souza&Powers (2009)	Laufen	Hüfte (3D)
Willson&Davis (2008)	Laufen	Hüfte, Knie (3D)

**Tabelle 4.1: Eingeschlossene Studien bei Barton et al (2009)**

#### Zusammenfassung

**Levinger & Gilleard (2005)** nahmen dreidimensionale Bewegungen auf am Rückfuss im Ganglabor an 13 Patientinnen mit PFSS sowie 14 gesunden Probandinnen. **Barton et al. (2010)** massen kinematische Merkmale der ganzen unteren Extremität bei 26 PFSS Betroffenen und 20 gesunden Probanden. **Barton et al. (2009)** stellten in einem Review die aktuelle Forschungsliteratur zu kinematischen Merkmalen der unteren Extremität bei PFSS dar. Sie schlossen 24 Fall-Kontroll-Studien ein mit den Disziplinen Gehen, Rennen, Treppe und Rampe abwärtsgehen.

## 4.2. Ergebnisse der Studien

### Ziel des Abschnitts

Die wichtigsten Resultate aus der oben vorgestellten Forschungsliteratur werden in diesem Abschnitt nach Studien geordnet dargestellt. Die statistisch signifikanten Ergebnisse sowie die Schlussfolgerung der jeweiligen Autoren werden kurz beschrieben.

### Studie 1: Levinger&Gilleard (2005)

In Tabelle 4.2 werden die wichtigsten Resultate von Levinger &Gilleard (2005) dargestellt.

Messgrösse	Kontrolle	PFSS	Signifikanz
Maximaler Winkelwert (Peak angle)			
<i>Rückfuss relativ zur Tibia</i>			
Eversion	7.1±5.0°	7.5±2.9°	Nein
Inversion	8.5±7.3°	9.8±5.6°	Nein
Dorsalextension	3.8±5.6°	3.7±3.9°	Nein
Plantarflexion	7.6±5.0°	8.9±5.6°	Nein
Adduktion	4.1±2.9°	1.2±4.2°	Nein
Abduktion	7.4±2.7°	8.5±5.0°	Nein
<i>Tibia relativ zum Koordinatensystem</i>			
Aussenrotation	2.5±6.5°	0.2±7.7°	Nein
Innenrotation	11.4±4.4°	12.1±6.2°	Nein
Zeitpunkt des maximalen Winkelwertes (in Prozent der Standbeinphase)			
<i>Rückfuss relativ zur Tibia</i>			
Eversion	39±7%	46±6.5%	Ja
Inversion	97±2%	97±2%	Nein
Dorsalextension	73±4%	66±8%	Ja
Plantarflexion	9±6%	10±8.3%	Nein
Adduktion	85±6%	79±8%	Nein
Abduktion	15±6%	21±8%	Nein
<i>Tibia relativ zum Koordinatensystem</i>			
Aussenrotation	96±7%	94±7%	Nein
Innenrotation	16±7%	16±7%	Nein
Ganggeschwindigkeit in m/s			
Geschwindigkeit	1.36±0.10	1.40±0.08	Nein

Tabelle 4.2: Ergebnisse bei Levinger&Gilleard (2005)

Das Ausmass der einzelnen Bewegungen war nicht signifikant verschieden in den beiden Gruppen. Die Zeitpunkte für die maximalen Winkelwerte wiesen jedoch

signifikante Unterschiede auf. In der PFSS-Gruppe war die Eversion signifikant später an ihrem Höhepunkt als in der Kontrollgruppe. Dazu war die Dorsalextension bei PFSS früher an ihrem Höhepunkt als bei der Kontrollgruppe. Die Ganggeschwindigkeit war bei beiden Gruppen nicht signifikant unterschiedlich. Die Autoren kamen zum Schluss, dass die veränderte Eversion bei PFSS zu einer gestörten Übertragung der Kräfte auf das Knie führen könne. Das veränderte Verhalten angesichts der Dorsalextension weise auf ein verändertes Abstossmuster des Fusses in der zweiten Hälfte der Standbeinphase hin.

## Studie 2: Barton et al. (2010)

Die wichtigsten Ergebnisse der Studie von Barton, Levinger, Webster & Menz (2010) werden in den Tabellen 4.3 und 4.4 dargestellt.

Messgrösse	Kontrolle	PFSS	Signifikanz
Maximaler Winkelwert (Peak angle) in °			
<i>Vorfuß relativ zum Rückfuß</i>			
Dorsalextension	11.6(6.1)	12.5(5.9)	Nein
Abduktion	-1.1(8.0)	-0.2(7.6)	Nein
Supination	5.9(4.4)	5.3(4.2)	Nein
<i>Rückfuß relativ zum Koordinatensystem</i>			
Dorsalextension	13.8(4.1)	12.9(4.0)	Nein
Innenrotation	9.9(7.0)	13.2(6.7)	Nein
Eversion	-2.0(3.9)	-3.6(3.7)	Nein
<i>Rückfuß relativ zur Tibia</i>			
Dorsalextension	9.8(4.8)	7.3(4.6)	Nein
Innenrotation	-8.2(8.4)	-12.4(8.3)	Nein
Eversion	-7.3(3.9)	-7.7(3.7)	Nein
Zeitpunkt des maximalen Winkelwertes (in Prozent des Gangzyklus)			
<i>Vorfuß relativ zum Rückfuß</i>			
Dorsalextension	52.1(2.2)	50.8(2.1)	Nein
Abduktion	44.9(9.5)	39.9(9.1)	Nein
Supination	51.2(4.1)	49.4(3.9)	Nein
<i>Rückfuß relativ zum Koordinatensystem</i>			
Dorsalextension	l.c.	l.c.	---
Innenrotation	28.9(19.0)	26.8(18.2)	Nein
Eversion	35.3(6.0)	30.4(5.8)	Ja
<i>Rückfuß relativ zur Tibia</i>			
Dorsalextension	45.0(3.5)	43.6(3.4)	Nein
Innenrotation	l.c.	l.c.	---
Eversion	36.5(5.9)	32.7(5.7)	Ja

**Tabelle 4.3: Ergebnisse bei Barton et al. (2010)**



Messgrösse	Kontrolle	PFSS	Signifikanz
Genutztes Ausmass der Bewegung in °			
<i>Vor fuss relativ zum Rückfuss</i>			
Dorsalextension	8.8(2.5)	7.7(2.4)	Nein
Abduktion	7.9(2.5)	7.3(2.4)	Nein
Supination	6.0(2.0)	6.2(1.9)	Nein
<i>Rückfuss relativ zum Koordinatensystem</i>			
Dorsalextension	68.2(4.9)	72.3(4.9)	Ja
Innenrotation	4.6(1.5)	5.4(1.4)	Nein
Eversion	5.3(2.1)	5.7(2.0)	Nein
<i>Rückfuss relativ zur Tibia</i>			
Dorsalextension	18.0(3.5)	17.5(3.3)	Nein
Innenrotation	13.1(4.0)	11.8(3.8)	Nein
Eversion	9.9(3.3)	9.4(3.1)	Nein
Ganggeschwindigkeit in m/s			
Geschwindigkeit	1.37±0.13	1.45±0.16	Nein

**Tabelle 4.4: Ergebnisse bei Barton et al. (2010)**

Beim Zeitpunkt des maximalen Winkelwertes erreichte die Eversion des Rückfusses sowohl relativ zum Koordinatensystem als auch zur Tibia in der PFSS-Gruppe deutlich früher ihren Höhepunkt. Dazu bewegte sich der Rückfuss, relativ zum Koordinatensystem, in der Sagitalebene (plantflex/dorsalext) in der PFSS-Gruppe mit einem grösseren Bewegungsausmass als in der Kontrollgruppe. Die Autoren kommen zum Schluss, dass PFSS-Patienten mit der verminderten Hüftinnenrotation und der Tendenz zu langsamerem Gehen die Belastung auf das Patellofemoralgelenk reduzieren und kompensieren würden. Der frühere Höhepunkt der Eversion könnte ein Faktor sein, der zur Entstehung von PFSS mitwirke. In Zukunft seien prospektive Studien mit einer grösseren Teilnehmerzahl nötig um diese Hypothesen prüfen zu können.

## Review: Barton et al. (2009)

Die wichtigsten Ergebnisse von Barton, Levinger, Menz & Webster (2009) werden in Tabelle 4.5 dargestellt:

Messgrösse	Signifikante Merkmal bei PFSS
Raumzeitliche Merkmale	
Ganggeschwindigkeit oder Schrittfrequenz	Tendenz zu Reduktion (nichtsignifikant)
Gangkinematik	
Fuss	Mehr Eversion bei Initial Contact Späterer Höhepunkt der Eversion Kein Unterschied in Eversionsausmass Kein Unterschied in Fusspronation Kein Unterschied der Tibiarotation Mehr Dorsalextension bei schnellem Gehen
Treppe oder Rampe aufwärts	
Fuss	Erhöhte maximale Dorsalextension (Rampe)
Treppe oder Rampe abwärts	
Fuss	Erhöhte Dorsalextension (Rampe + Treppe)
Kinematik beim Laufen	
Fuss	Erhöhte Eversion bei Initial Contact Erhöhte und verspätete maximale Eversion Verminderter Range für die Eversion während ganzer Standbeinphase

Tabelle 4.5: Ergebnisse bei Barton et al. (2009)

Die Autoren kommen zum Schluss, dass der aktuelle Stand der Forschung zur Kinematik bei PFSS limitiert sei. Es fehlten Prospektivstudien und die vorhandenen Fallstudien wiesen methodische Schwachpunkte auf. Studien mit grösserer Teilnehmerzahl und mit gleichzeitigen Messungen von Hüfte, Knie und Fuss seien in Zukunft nötig. Aus den aktuellen Daten sei vor allem beim Gehen und Laufen eine verspätete und bei Initial Contact erhöhte Eversion zu nennen. Zudem sei beim Laufen die Eversion im Rückfuss in ihrem Range vermindert.

### Zusammenfassung

**Levinger & Gilleard (2005)** fanden eine **verspätete maximale Eversion** und eine **verfrühte maximale Dorsalextension** bei PFSS. **Barton et al. (2010)** kamen zu einer **verfrühten maximalen Eversion** und einem **grösseren** Bewegungsausmass der **Dorsalextension** bei PFSS. **Barton et al. (2009)** fanden bei limitierter Evidenz **verspätete** und teils **verminderte Eversion**.

## 5. Diskussion

### *Ziel des Abschnitts*

Im Diskussionsteil werden die Ergebnisse aus der Forschungsliteratur im Hinblick auf die Validität beurteilt. Zuerst wird die Bewertung der Forschungsliteratur anhand der wesentlichen Punkte dargestellt. Danach erfolgt die kritische Beurteilung der anfänglich gestellten Frage und schliesslich werden die gewonnenen Erkenntnisse in die Praxis übertragen.

### 5.1. Beurteilung der Studien

#### *Ziel des Abschnitts*

In diesem Abschnitt werden die relevantesten Beurteilungspunkte Studiendesign, Sample, Messung und Datenauswertung aufgegriffen und zwischen den Studien verglichen. Die Tabellen mit den einzelnen Beurteilungspunkten sind im Anhang zu finden.

#### **Studiendesign**

Levinger & Gileard (2005) benutzten in ihrer Studie das Fall-Kontroll-Design. Dieses Design untersucht retrospektiv eine Gruppe erkrankter Menschen und eine Gruppe von Gesunden. Gesucht werden Gegebenheiten, die im Zusammenhang mit der Erkrankung stehen könnten. Sind diese vorhanden, so kommen sie in der Gruppe der Kranken signifikant häufiger vor. Dieses Design ist relativ einfach und somit auch kostengünstig. Es gibt aber keine Aussage darüber ob die gefundenen Merkmale eine Ursache oder eine Auswirkung der Erkrankung darstellen (Fall-Kontroll-Studie, k.D.). Das Ziel der Studie, die dreidimensionalen Bewegungen des Rückfusses und der Tibia sowie die Bodenreaktionskräfte bei PFSS-Patienten mit denjenigen bei gesunden Probanden zu vergleichen, ist mit diesem Design vereinbar. Da jedoch die unterschiedlichen Merkmale weder als Ursache noch als Wirkung identifiziert werden können, ist die Tragweite der neuen Erkenntnis limitiert. Immerhin können die Autoren neue Hypothesen generieren, welche in weiteren Forschungen untersucht werden müssen. Da in diesem Design keine Interventionen verglichen werden und die Messgrößen kaum selektiv vom Probanden beeinflusst werden können, spielt die Verblindung keine wesentliche Rolle.

Die Studie von Barton et al. (2010) weist das gleiche Design auf. Hier lautete das Forschungsziel:

„Das Ziel der Studie war, kinematische Merkmale von Fuss, Knie und Hüfte bei PFSS-Patienten und bei Gesunden zu untersuchen, welche in der Literatur als mögliche Faktoren zur Entwicklung von PFSS beschrieben werden. Als Schlüsse aus den Ergebnissen werden lediglich Hypothesen für Ursache und Wirkung aufgestellt, welche in kommenden Forschungen zu untersuchen seien.“

Diese Zielsetzung entspricht dem Studiendesign.

Bei Barton et al. (2009) wurde ein Review erstellt. Das Ziel war, zum einen die vorhandenen Informationen über die kinematischen Gangcharakteren im Zusammenhang mit PFSS aus der Literatur zusammen zu tragen und zu beurteilen. Zum anderen Vorschläge zu generieren, was und wie in diesem Gebiet weitergeforscht werden soll. Gesucht wurden Studien mit prospektivem Design und Fall-Kontroll-Studien. Prospektive Studien wurden keine gefunden. Es konnten also nur Fall-Kontroll-Studien eingeschlossen werden. Das Ziel konnte mit diesem Vorgehen erreicht werden.

## **Sample**

Die PFSS-Gruppe von Levinger & Gileard (2005) bestand aus 13 Frauen. Die Kontrollgruppe aus 14 Frauen. Begründet wurden die kleinen Gruppen damit, dass für statistische Signifikanz in diesem Zusammenhang nur ein Minimum von acht Probanden nötig wäre. Es ist jedoch sicher, dass diese Gruppengrösse als Vertreter der komplexen PFSS- Population zu klein ist. Zudem wurden nur Frauen ausgewählt, was auch nicht der reellen Verteilung entspricht. In einer Fall-Kontroll-Studie ist einer der wichtigsten Punkte die Vergleichbarkeit der Gruppen. Jeder unnötige Unterschied führt zu einer Verzerrung der Ergebnisse. Die Unterschiede in dieser Studie wurden als irrelevant dargestellt, da sie nicht statistisch signifikant seien (mit Ausnahme des Alters). Es ist jedoch zu vermuten, dass ein durchschnittlicher Altersunterschied von über 13 Jahren und ein Unterschied des durchschnittlichen Körpergewichts von fast 10kg bei genau gleicher durchschnittlicher Körpergrösse die gemessenen Werte beeinflussten.

Bei Barton et al. (2010) waren es 21 Frauen und 5 Männer in der PFSS-Gruppe, in der Kontrollgruppe 16 Frauen und 4 Männer. Die statistische Aussagekraft ist daher

schon bedeutend höher. Angesichts der Komplexität von PFSS ist diese Gruppenzahl dennoch zu niedrig. Obschon in der Realität mehr Frauen als Männer betroffen sind (Taunton et al., 2002) ist die Verteilung zu wenig ausgeglichen. Die Vergleichbarkeit der beiden Gruppen bezüglich Alter, Körpergewicht und Grösse ist hier jedoch gegeben.

Im Review von Barton et al. (2009) wird den meisten Studien eine methodische Schwäche vorgeworfen im Zusammenhang mit dem Sample. Zu geringe Teilnehmerzahlen, undefinierte Altersgruppen, Teilnehmer über vierzig Jahren (bereits fortgeschrittene Arthrose möglich) und nur Frauen wurden untersucht. Da die Gruppen der verschiedenen Studien unterschiedliche Ein- und Ausschlusskriterien festlegten, waren sie untereinander auch nur schwierig zu vergleichen.

## **Messung**

Die Qualität der Messlabors ist schwierig zu beurteilen. Im Vergleich zwischen Levinger & Gileard (2005) und Barton et al. (2010) gibt es ein paar Unterschiede. Levinger & Gileard (2005) benutzten vier Kameras mit einer Frequenz von 50Hz. Das System wurde so kalibriert, dass systembedingte Messfehler weniger als 0.5% betrugen. Bei Barton et al (2010) waren es zehn Kameras mit einer Frequenz von 100Hz. Hier wurden keine Angaben zu systembedingten Messfehlern gemacht. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass das bessere Messmaterial zu weniger Messfehlern führte.

Das Plazieren der Reflektoren wurde bei Levinger & Gileard (2005) genau beschrieben. Es war jedoch sehr schwierig, bei jedem Proband mit unterschiedlichen Voraussetzungen die Marker gleich zu positionieren. Dazu war handwerkliches Geschick notwendig und es wäre sinnvoll gewesen, wenn immer der Gleiche Forscher die Marker geklebt hätte. Es wurden darüber aber keine Angaben gemacht, wer die Marker klebte. Bei Barton et al. (2009) wurden zwei definierte Modelle zur Plazierung der Marker verwendet (Oxford foot model, Vicon plug-in Gait). Es kam hier ebenfalls auf handwerkliches Geschick an. Wer die Marker klebte, wurde auch hier nicht genannt. Es wurde aber beschrieben, dass die Marker vorgängig mit der Auswertungssoftware kalibriert wurden. Im Unterschied dazu wurde bei Levinger & Gileard (2005) nur eine visuelle Kontrolle vorgenommen.

Im Review von Barton et al. (2009) wurde wenig über die Messmethoden der einzelnen Studien ausgesagt. Es muss davon ausgegangen werden, dass in diesem Bereich zusätzliche Verzerrung vorhanden ist.

### **Datenauswertung**

Die Datenanalyse bei Levinger & Gileard (2005) wurde genau beschrieben. Sie entsprach dem wissenschaftlichen Vorgehen. Zu bemängeln ist, dass die Ganggeschwindigkeit nicht als Co-Variable berücksichtigt wurde.

Auch bei Barton et al. (2009) wurden die Schritte der Datenanalyse beschrieben. Sie stützen sich dabei auf die Empfehlungen von Bland & Altman (1996). Die Schrittgeschwindigkeit wurde hier als Co-Variable bei den Statistischen Tests (MANOVA, F-Statistik) mitberücksichtigt.

Im Review von Barton et al. (2009) wurden die Ergebnisse der einzelnen Studien mit den Standardabweichungen zusammen getragen. Mit einem zweiseitigen t-Test und einem Konfidenzintervall von 95% wurden die einzelnen Resultate statistisch gesehen vergleichbar gemacht.

### Zusammenfassung

Das verwendete Studiendesign bei Levinger & Gileard (2005), Barton et al. (2010) sowie bei allen Studien bei Barton et al (2009), **das Fall-Kontroll-Design**, ist geeignet, um einen Zusammenhang zwischen gewissen Merkmalen und PFSS nachzuweisen. Es kann jedoch keine Ursache oder Wirkung unterscheiden. Das **Sample** bei Levinger & Gileard (2005), Barton et al. (2010) sowie bei den meisten eingeschlossenen Studien bei Barton et al (2009) war vor allem **zu klein**, bestand **nur aus Frauen**, wies **Unterschiede** zwischen den Gruppen auf oder war nicht genau definiert. Wegen unterschiedlicher Qualität der Labors, fehlender Angaben über den Platzierer der Marker und fraglicher **Reliabilität der Messungen** ist hier mit einer schwierig einzuschätzenden **Verzerrung** zu rechnen. Die **Datenauswertung** erfolgte nach wissenschaftlichem Standard. Bei Levinger & Gileard (2005) und bei verschiedenen Studien von Barton et al (2009) wurde die **Ganggeschwindigkeit nicht berücksichtigt** bei der statistischen Auswertung.

## 5.2. Kritische Beurteilung der Fragestellung

### *Ziel des Abschnitts*

An dieser Stelle wird der Fokus noch einmal auf die Kernfrage gelegt: Welche Rolle spielt die Fusskinematik während der Standbeinphase bei patellofemoralem Schmerzsyndrom? Auf Grund der bis anhin erarbeiteten Inhalte wird die Fragestellung beantwortet.

Verspätete maximale Eversion und verfrühte maximale Dorsalextension bei Levinger & Gileard (2005) sowie verfrühte maximale Eversion und eine weitere Dorsalextension bei Barton et al (2010) zeigen: Der Fuss spielt grundsätzlich eine Rolle beim PFSS. Dies wird weiter untermauert durch das Review von Barton et al. (2009), wo in jeder Disziplin (Gehen, Laufen, Rampe auf/ab, Treppe auf/ab) signifikante Unterschiede am Fuss gemessen wurden. Welche Rolle die Fusskinematik aber genau spielt, kann aus folgenden Gründen nicht abschliessend beantwortet werden:

1. Bis heute sind nur Fall-Kontroll-Studien bekannt, welche zwar einen Hinweis geben können was die Rolle sein könnte, aber nicht bestimmen können was Ursache, was Wirkung ist. Es sind bis heute keine prospektiven Langzeitstudien zu diesem Thema bekannt. Das heisst keine Studien, die bei einer grossen Gruppe Gesunder die Fusskinematik messen und dann in einigen Jahren dieselben Probanden kontaktieren, dann die Daten von den seither betroffenen PFSS-Patienten mit den Gesundgebliebenen vergleichen, um daraus prädisponierende Merkmale zu erkennen.
2. PFSS gilt als komplexes Krankheitsbild mit vielen möglichen Beitragsfaktoren. Barton et al. (2010) vermutet, dass innerhalb der PFSS-Population Untergruppen bestehen mit ganz unterschiedlichen Merkmalen. Mit dieser Hypothese liessen sich die zum Teil kontroversen Ergebnisse in verschiedenen Studien erklären. Alle berücksichtigten Studien schauten PFSS-Patienten jedoch als eine einzige Gruppe an, ohne Berücksichtigung allfälliger Untergruppen.
3. Angesichts des zweiten Punktes erhält die mangelnde Evidenz der kleinen Gruppen in den Studien noch grössere Bedeutung. Evidente Aussagen über die gesamte PFSS-Population können keine gemacht werden. Dies bestätigen Levinger & Gileard (2005), Barton et al. (2009) und Barton et al. (2010) einstimmig.

Trotz dieser Tatsachen lohnt es sich die einzelnen gefundenen Merkmale bei PFSS in Bezug auf ihre Auswirkungen anzuschauen.

### **Abweichungen der Eversion**

Wie im Abschnitt 3.2 beschrieben, nimmt die Eversion eine wichtige Funktion bezüglich Stossdämpfung, Stabilität und Mobilität des Fusses ein. Eine verfrühte Eversion führt zu einer verfrühten Entriegelung des Mittelfusses. Wichtige Stabilität während der Stossdämpfungsphase (loading response) geht dabei verloren. Es liegt nahe, dass diese Stabilität über das Knie kompensiert werden muss und es folglich zu einer erhöhten Belastung im PFJ kommt. Eine verspätete Eversion führt zu einer verspäteten Entriegelung des Mittelfusses. Dies hat eine verminderte Stossdämpffunktion im Fuss zur Folge. Es ist denkbar, dass auch dies zu einer erhöhten Belastung im Patellofemoralgelenk führt und somit ein Faktor bei der Entwicklung von PFSS darstellen könnte.

### **Abweichungen der Dorsalextension**

Eine verfrühte Dorsalextension könnte auch mit einer verspäteten Eversion zusammen hängen: Durch den länger verriegelten Mittelfuss muss die fehlende Beweglichkeit im OSG kompensiert werden. Eine verfrühte maximale Dorsalextension führt zu einer verfrühten Ablösung der Ferse. Ein Merkmal, das leider in keiner Studie gemessen wurde. Die Abweichung der Dorsalextension könnte somit auch als Einflussfaktor beim PFSS betrachtet werden.

### Zusammenfassung

Die Ergebnisse zeigen, dass eine **veränderte Fusskinematik** eine Rolle spielt beim **PFSS**. Die **Rolle** der Fusskinematik bei PFSS kann nicht abschliessend bestimmt werden, weil es **nur Fall-Kontroll-Studien** gibt, **unterschiedliche Pathomechanismen** der **Fusskinematik** bei PFSS-Patienten vermutet werden und weil mit der aktuellen Forschungsliteratur **keine Aussage** über die gesamte **PFSS-Population** möglich ist. Jedoch könnten die gefundenen Abweichungen als Ursache für PFSS durchaus verstanden werden.



### 5.3. Theorie-Praxis-Transfer

#### *Ziel des Abschnitts*

Die gewonnenen Erkenntnisse aus den vorhergehenden Abschnitten werden in diesem Abschnitt für die Praxis angewendet.

Die Evidenz der Ergebnisse ist, wie im Abschnitt 5.2 beschrieben, limitiert. Auch herrscht noch viel Unklarheit zur Rolle der Fusskinematik bei PFSS. Trotzdem sind die Erkenntnisse aus dieser Arbeit für die Praxis relevant.

Wie in Abschnitt 5.2 beschrieben, ist evident, dass die Fusskinematik grundsätzlich eine Rolle bei PFSS spielt. Es kann aber keine Aussage über ein einheitlich verändertes Muster gemacht werden. Für die Praxis bedeutet das, die Fusskinematik ist bei jedem PFSS-Patienten individuell zu analysieren. Im Brennpunkt des Interesses stehen die Bewegungen des unteren Sprunggelenkes sowie die Dorsalextension. Bei dieser Analyse spielen die Winkelwerte wie auch deren Zeitpunkte eine Rolle. Der ganze Ablauf spielt sich innert kurzer Zeit ab. Dies bringt für die Praxis eine grosse Herausforderung: Wie ist eine genaue Analyse der Fusskinematik ohne Ganglabor zu bewerkstelligen? Eine Beurteilung des Ganges von Auge setzt einen sehr geübten Therapeuten voraus. Selbst dann ist es fraglich, ob er in der Lage ist, Norm von Abnorm klar zu unterscheiden. Eine weitere Variante wäre das Filmen des Ganges mit einfachen Kameras um die einzelnen Bewegungen festhalten zu können. Fraglich bleibt aber, wie valide solche Methoden sind.

Die Empfehlung an die Praxis lautet daher: Die Fusskinematik ist bei Patienten mit PFSS individuell zu analysieren. Mit welchen Assessments das zu bewerkstelligen ist, muss jedoch noch untersucht werden und auch Behandlungsmöglichkeiten von veränderter Fusskinematik bei PFSS sind Gegenstand weiterführender Forschung.

#### *Zusammenfassung*

In der **Praxis** ist die **Fusskinematik** bei jedem PFSS-Patienten individuell zu **befunden**. Wichtig sind vor allem die **Bewegungen im USG** und die Dorsalextension. Welche **Assessments** dazu geeignet und in der Praxis anwendbar sind, muss in einem weiteren Schritt **erforscht werden**.

## **6. Schlussfolgerung**

Veränderte Eversion und veränderte Dorsalextension während der Standbeinphase bei Patienten mit PFSS zeigen, dass die Fusskinematik, insbesondere die des Rückfusses, eine Rolle spielt beim PFSS. Eine einheitlich veränderte Fusskinematik ist beim PFSS jedoch nicht nachgewiesen. Mangelnde Evidenz und fehlende prospektive Studien lassen nicht zu, die Ursache von der Wirkung zu unterscheiden. Es sind weitere prospektive Langzeitstudien mit viel grösserer Teilnehmerzahl nötig um mögliche Ursachen aus der Fusskinematik zur Entwicklung von PFSS benennen zu können. Für die Praxis sind geeignete Assessments zu finden um eine valide kinematische Analyse des Rückfusses auch ohne Ganglabor durchführen zu können. Behandlungsansätze bei veränderter Fusskinematik sind in zukünftigen Forschungen zu prüfen.

## **7. Anmerkungen zur Arbeit**

### **7.1. Stärken und Schwächen dieser Arbeit**

Diese Arbeit weist ein paar methodische Schwächen auf. So wurde möglicherweise relevante Literatur übersehen weil nur vier wichtige Datenbanken durchsucht wurden. Zudem wurde nur Literatur auf Deutsch, Französisch und Englisch berücksichtigt. Weiter wurden nur Studien oder Reviews gewählt die nicht älter sind als zehn Jahre. Dies hat aber den Vorteil von hoher Aktualität.

Zu erwähnen ist die Studie von Levinger&Gilleard. Sie wurde einzeln angeschaut, war aber gleichzeitig auch im Review aufgeführt. Der Grund dafür war das Fehlen von weiteren aktuellen Fall-Kontroll-Studien, die der Fragestellung entsprachen. Sie wurde eingeschlossen, um die Möglichkeit zu behalten zwei ähnliche Studien vergleichen zu können.

Eine Stärke dieser Arbeit ist der Einbezug eines ausführlichen und aktuellen Reviews(2009) und einer noch aktuelleren Fall-Kontroll-Studie(2010) mit hoher methodischer Qualität.

### **7.2. Ausblick**

Die Forschung rund um die Fusskinematik beim PFSS ist noch in der Anfangsphase. Als nächstes braucht es prospektive Langzeitstudien um die bisherigen Erkenntnisse zu überprüfen und klare Antworten auf die Frage nach Ursache und Wirkung zu finden. Dafür sollte der Fokus von der reinen Kinematik erweitert werden auf Muskelaktivität und Kinetik. Weiter sind Assessments zu finden, die in der Praxis anwendbar sind um die Bewegungen des Rückfusses valide zu analysieren. Schliesslich sind auch Therapieansätze zu prüfen um die veränderte Fusskinematik effektiv zu behandeln.

## 9. Verzeichnisse

### 9.1. Literaturverzeichnis

- Arno, S. (1990). The A Angle: A Quantitative measurement of Patella Alignment and Realignment. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 12, 237-242.
- Barton, Ch.J., Levinger, P., Menz, H.B. & Webster, K.E. (2009). Kinematic gait characteristics associated with patellofemoral pain syndrome: A systematic review. *Gait & Posture*, 30, 405-416.
- Benetto, K.P. (k.D.). Anterior Knee Pain. Retrieved from <http://www.unfallchirurgen.at>
- Brukner, P., Khan, K., Crossley, K., Cook, J., Cowan, S. & McConnel, J. (2007). Anterior Knee Pain. *Clinica Sports Medicine Sydney 2007*, 506-537.
- Ellermann, A. & Peterson, W. (2011). Multimodales Therapiekonzept: *Das patellofemorale Schmerzsyndrom beim Sportler. Medical sports network*, 6, 18-22.
- Fall-Kontroll-Studie (k.D.) In *Wikipedia, die freie Enzyklopädie*. Retrieved from <http://de.wikipedia.org/wiki/Fall-Kontroll-Studie>
- Gorschewsky, O., Pförringer, W., Pitzel, M., & Schweizer, A. (2005). *Die Patella aus orthopädischer und sportmedizinischer Sicht*. Stuttgart: Schattauer GmbH.
- Götz-Neumann, K. (2003). *Gehen verstehen: Ganganalyse in der Physiotherapie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Grelsamer, R. (2006). Patellar malalignment. In *Knee surgeon*. Retrieved from <http://www.kneeguru.co.uk/KNEEsurgeon/patello-femoral.php?itemid=27>
- Hochschild, J. (2008). *Strukturen und Funktionen begreifen 2*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Insall, JN., Salvati, E. (1971). Patella position in the normal knee joint. *Radiology*, 101, 101-104.
- Knappstein, G. (2004). *Kinematik und Kinetik*. Frankfurt am Main: Wissenschaftlicher Verlag Harri Deutsch GmbH.
- Kusma, M. (2010). Chondromalacia patellae. In *Lexikon Orthopädie und Unfallchirurgie*. Retrieved from: [http://www.lexikon-orthopaedie.com/pdx.pl?dv=0&id=x\\_xChondromalacia patellae](http://www.lexikon-orthopaedie.com/pdx.pl?dv=0&id=x_xChondromalacia%20patellae)

- Norris, C. (2004). *Sports Injuries: Diagnosis and Management*. Philadelphia: Elsevier Limited.
- Schulte, E., Schumacher, U. & Schünke, M. (2007). *Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Taunton, J., Ryan, M., Clement, D., McKenzie, D., Lliod-Smith, D. & Zumbo, B. (2002). A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. *Br J Sports Med* 2002, 36, 95-101.
- Wappelhorst, U., Kittelmann, A. & Röbbelen, C. (2006). *Lehr- und Arbeitsbuch Funktionelle Anatomie*. München: Elsevier GmbH.

## 9.2. Bildverzeichnis

Abb. 3.1: Heruntergeladen am 27.02.2012 von

<http://www.arthroseorthopaedie.de/knie.html>

Abb. 3.2: Heruntergeladen am 27.02.2012 von

<http://www.aafp.org/afp/2007/0115/p194.html>

Abb. 3.3: Heruntergeladen am 27.02.2012 von

[http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Genu\\_neutral.svg&filetimestamp=20110802172803](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Genu_neutral.svg&filetimestamp=20110802172803)

Abb. 3.4: Heruntergeladen am 27.02.2012 von

<http://blog.cybexintl.com/deu/bid/83485/Fakten-der-Fitness-Sollten-Frauen-wirklich-laufen>

Abb. 3.5: Heruntergeladen am 27.02.2012 von

<http://de.wikipedia.org/wiki/Abwinklung>

Abb. 3.6: Heruntergeladen am 27.02.2012 von

<http://www.gvle.de/kompendium/knie/0141/0025.html>

Abb. 3.7: Heruntergeladen am 27.02.2012 von

[http://mmcg.pl/img/polana/mieszkania/mieszkania\\_bud1\\_3/patella-alta](http://mmcg.pl/img/polana/mieszkania/mieszkania_bud1_3/patella-alta)

Abb. 3.8: Heruntergeladen am 27.02.2012 von

<http://www.orthopaedie-am-niederrhein.de/content/de/leistungen/emg/emg.html>

Abb. 3.9: Heruntergeladen am 27.02.2012 von

[http://www.stadion.com/injuries\\_kneecap.html](http://www.stadion.com/injuries_kneecap.html)

Abb. 3.10: Heruntergeladen am 27.02.2012 von [http://www.medi.de/arzt/neu-](http://www.medi.de/arzt/neu-orthopaedie/produktinfo/knie/medi-pt-control.html)

[orthopaedie/produktinfo/knie/medi-pt-control.html](http://www.medi.de/arzt/neu-orthopaedie/produktinfo/knie/medi-pt-control.html)

Abb. 3.11: Heruntergeladen am 01.03.2012 von

<http://www.ufo-bwk.de/sprunggelenk.php>

Das Bild wurde durch den Autor beschriftet.

Abb. 3.12: Heruntergeladen am 01.03.2012 von

[http://www.stuedeli.net/reto/medizin/kdb/content/chirurgie/Ortho/](http://www.stuedeli.net/reto/medizin/kdb/content/chirurgie/Ortho/Fersensporn.html)

[Fersensporn.html](http://www.stuedeli.net/reto/medizin/kdb/content/chirurgie/Ortho/Fersensporn.html) Das Bild wurde durch den Autor beschriftet.

Abb. 3.13: Heruntergeladen am 01.03.2012 von

[http://books.google.ch/books?id=yR436QAHibcC&pg=PA197&lpg=PA197&d=unteres+sprunggelenk+bewegung&source=bl&ots=z-DZaDA56Y&sig=97YZbu0MEbHreKmS5O\\_1Gtagm1M&hl=de&sa=X&ei=63B BP9KcJufU4QTg1YmxDQ&ved=0ClkBEOgBMA4#v=onepage&q=unteres%20sprunggelenk%20bewegung&f=false](http://books.google.ch/books?id=yR436QAHibcC&pg=PA197&lpg=PA197&d=unteres+sprunggelenk+bewegung&source=bl&ots=z-DZaDA56Y&sig=97YZbu0MEbHreKmS5O_1Gtagm1M&hl=de&sa=X&ei=63B BP9KcJufU4QTg1YmxDQ&ved=0ClkBEOgBMA4#v=onepage&q=unteres%20sprunggelenk%20bewegung&f=false)

Beschriftet und bearbeitet durch den Autor

Abb. 3.14: Heruntergeladen am 01.03.2012 von

<http://www.iatrum.de/muskeln/unterschenkelmuskulatur-oberflaechliche.html>

Abb. 3.15: Heruntergeladen am 01.03.2012 von

<http://otto.oxfordmedicine.com/cgi/content-nw/full/2/1/med-9780199550647-chapter-013004/FIG013004002>

### **9.3. Tabellenverzeichnis**

Alle Tabellen wurden vom Autor selber erstellt. Die Inhalte stammen zum grössten Teil aus der angegebenen Forschungsliteratur. Der restliche Teil wurde vom Autor ergänzt.

## **10. Danksagung**

Herzlichen Dank meiner betreuenden Lehrperson Frau Simone Kaufmann-Gernet für die konstruktive Zusammenarbeit und die wertvollen Tipps.

Für das Gegenlesen und Korrigieren und für die hilfreichen Tipps vielen Dank an Philipp Fitze und Doris Hobi.

Danke Sonja, dass du mir den Rücken frei gehalten hast während der Arbeit.

## **11. Eigenständigkeitserklärung**

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig, ohne Mithilfe dritter und unter Benutzung der angegebenen Quellen verfasst habe.

Speicher, 30 März 2012

Simon Lehmann



## 12. Anhang

### 12.1. Wortzahlen

Abstract

196 Wörter

Arbeit

7938 Wörter

(exklusive Abstract, Tabellen, Abbildungen, Literaturverzeichnis, Danksagung, Eigenständigkeitserklärung, Anhänge)

### 12.2. Beurteilung der Forschungsliteratur

#### „Critical Review Form - Quantitative Studies“

Law, Stewart, Pollock, Letts, Bosch & Westmorland(1998)

Levinger & Gilleard (2005)

Punkte	Frage	Details
1	<b>Zweck der Studie</b> Wurde der Zweck klar angegeben?(1) <b>Ja</b>	<i>Skizzieren Sie den Zweck der Studie.</i> Sie hatte zum Ziel, die dreidimensionalen Bewegungen des Rückfusses und der Tibia sowie die Bodenreaktionskräfte bei PFSS-Patienten mit denjenigen bei gesunden Probanden zu vergleichen.
1	<b>Literatur</b> Wurde relevante Hintergrundliteratur gesichtet? (1) <b>Ja</b>	<i>Geben Sie an, wie die Notwendigkeit der Studie gerechtfertigt wurde.</i> Autoren einer früheren Studie kamen zum Schluss, es brauche dreidimensionale Analysen des Rückfusses um die Fusskinematik bei PFSS verstehen zu können. Diese gab es bisher noch nicht. Die Analyse der Bodenreaktionskräfte bei PFSS würde mithilfe die Funktion des Rückfusses und deren Auswirkung auf PFSS zu verstehen.
0.5  -1	<b>Design</b> Welches Design wurde verwendet? (angemessen =1Pt) <b>case-control</b>  <b>-1</b>	<i>Beschreiben Sie das Studiendesign. Entsprach das Design der Studienfrage?</i> Es wurden unabhängige Variablen bei einer Gruppe mit PFSS und bei einer Kontrollgruppe gemessen. Dies entspricht nur Teils der Forschungsfrage, da es schwierig ist zu unterscheiden welche Merkmale Ursache und Welche Wirkung sind von PFSS. <i>Spezifizieren Sie alle systematischen Fehler, die vielleicht aufgetreten sein könnten, und in welche Richtung sie die Ergebnisse beeinflussen?( jeweils -1Pt bei einem schwerwiegenden Bias)</i> Das wichtigste bei diesem Design sind die Stichproben und deren Vergleichbarkeit. (Siehe Stichprobe).
0  1  1  1	<b>Stichprobe</b> N = 13 N(c)=14 Wurde die Stichprobe detailliert beschrieben? (1) <b>Ja</b> Wurde die Stichprobengrösse begründet? (1) <b>Ja</b> Sind die Ein-/Ausschlusskriterien aussagekräftig? (1) <b>Ja</b>	<i>Stichprobenauswahl (wer, Merkmale, wie viele, wie wurde die Stichprobe zusammengestellt?).</i> PFSS: 13 Frauen, 38.4±10.11(S.D.) Jahren. Ähnliche sportliche Aktivitäten 3.0 Std/Wo, PFSS rechts seit 1.5-30 J. Einschlusskriterien: patelläre Schmerzen die durch Belastungen wie Rennen, Treppensteigen, Knien oder bei längerem Sitzen verschlimmern Ausschlusskriterien <ul style="list-style-type: none"> <li>• Positive Tests: Varus-/Valgusstresstest, Lachmann, anterior and posterior drawer test, pivot shift und McMurray</li> <li>• Traumatische Knieverletzungen</li> <li>• Patellarsehnenentzündungen (jumper's knee)</li> <li>• Voroperationen</li> <li>• Bänder oder Meniskusverletzungen</li> <li>• Starke Knieverformungen (varus/valgus)</li> <li>• Starke Fussverformungen (pes cavus, pes planus, hallux valgus)</li> </ul> Kontrollgruppe: 14 Fraue, Durchschnittsalter 25.07±8.67(S.D.)J. Ähnliche sportliche Aktivitäten Durchschnitt 4.1 Std/Wo, ohne Symptome, ohne angeborene oder traumatisch erworbene Abweichungen an den UE, gleiche Ausschlusskriterien wie PFSS. <i>Bei mehr als einer Gruppe: Waren die Gruppen ähnlich?</i> Kontrollgruppe im Durchschnitt 13J jünger (25/38J), fast 10 kg leichter (70.6/61.3kg) bei gleicher Grösse (166.3cm) <i>Beschreiben Sie das Ethn-Verfahren. Wurde wohlinformierte Zustimmung eingeholt?</i> Vor der Studie wurden die Probanden über die Art (engl.nature) der Studie informiert und gaben ihr Schriftliches Einverständnis. Das Human Ethics Committee of Southern Cross University genehmigte das Unterfangen.

0.5	<b>Ergebnisse</b> Waren die outcome Messungen reliabel? (1) <b>Bedingt</b> Waren die outcome Messungen valide? (1) <b>Bedingt</b> War der Untersucher verblindet? (1) <b>0</b> <b>Nein</b>	<i>Geben Sie an, wie oft outcome Messungen durchgeführt wurden. Fünf Messungen woraus der Durchschnitt genommen wurde.</i>  <i>Listen Sie die verwendeten Messungen auf.</i> Druckplatte für Bodenreaktionskraft Reflektoren an Unterschenkel für Bewegungen der einzelnen Knochen Ganggeschwindigkeit
1	<b>Massnahmen</b> Wurden die Massnahmen detailliert beschrieben? (1) <b>Ja</b> Wurde Kontaminierung vermieden?(1) <b>0</b> <b>Nein</b>	<i>Beschreiben Sie kurz die Massnahmen (Schwerpunkt, wer führte sie aus, wie oft, in welchem Rahmen).</i> Ganganalyse im Ganglabor  <i>Wurden Fälle von Kontaminierung oder Ko-Interventionen beschrieben?</i> Nein
1	<b>Resultate</b> Wurde die statistische Signifikanz der Resultate angegeben? (1) <b>Ja</b> Waren die Analysemethoden geeignet? (1) <b>0.5</b> <b>Ja, aber keine Berücksichtigung von Ganggeschwindigkeit</b> Wurden Fälle von Ausscheiden aus der Studie angegeben und angemessen behandelt? (1) <b>1</b> <b>kein Ausscheiden</b> Wurde die klinische Bedeutung angegeben? (1) <b>1</b> <b>Ja</b>	<i>Welches waren die Ergebnisse?</i> In der PFSS-Gruppe war die Eversion signifikant später an ihrem Höhepunkt als in der Kontrollgruppe. Dazu war die Dorsalextension bei PFSS früher an ihrem Höhepunkt als bei der Kontrollgruppe. <i>Waren sie statistisch signifikant (d.h. <math>p &lt; 0.05</math>)? Falls nicht statistisch signifikant: War die Studie gross genug, um einen eventuell auftretenden wichtigen Unterschied anzuzeigen?</i> Ja <i>Falls es um viele Ergebnisse ging: Wurde dies bei der statistischen Analyse berücksichtigt?</i> Ganggeschwindigkeit wurde nicht berücksichtigt.  <i>Schieden Teilnehmer aus der Studie aus? Warum? (Wurden Gründe angegeben, und wurden Fälle von Ausscheiden angemessen gehandhabt?)</i> Kein Ausscheiden <i>Waren die Unterschiede zwischen den Gruppen (falls es Gruppen gab) klinisch von Bedeutung?</i> Ja, die Unterschiede von Gewicht und Alter in dieser Grösse verzerrten die Ergebnisse.
1	<b>Schlussfolgerungen</b> Waren die Schlussfolgerungen angemessen? (1) <b>Ja</b>	<i>Zu welchem Schluss kam die Studie?</i> Die Autoren kamen zum Schluss, dass die veränderte Eversion bei PFSS zu einer gestörten Übertragung der Kräfte auf das Knie führen könne. Das veränderte Verhalten angesichts der Dorsalextension weise auf ein verändertes Abstossmuster des Fusses in der zweiten Hälfte der Standbeinphase hin.  <i>Welche Implikationen haben die Ergebnisse für die physiotherapeutische Praxis?</i> Der Fuss, vor allem die Eversion während der Standbeinphase, sollten bei PFSS genau angeschaut werden.
<b>11.5/17</b>		

## „Critical Review Form - Quantitative Studies“

Law, Stewart, Pollock, Letts, Bosch & Westmorland(1998)

Barton, Levinger, Webster & Menz (2010)

Punkte	Frage	Details
1	<b>Zweck der Studie</b>  Wurde der Zweck klar angegeben?(1) <b>Ja</b>	<i>Skizzieren Sie den Zweck der Studie.</i> Das Ziel der Studie war, kinematische Merkmale von Fuss Knie und Hüfte zu untersuchen, welche in der Literatur als mögliche Faktoren zur Entwicklung von PFSS beschrieben werden
1	<b>Literatur</b> Wurde relevante Hintergrundliteratur gesichtet? (1) <b>Ja</b>	<i>Geben Sie an, wie die Notwendigkeit der Studie gerechtfertigt wurde.</i> Bisher gab es nur Studien mit wenigen Teilnehmern. Dazu wurde in keiner bisherigen Studie die Gehgeschwindigkeit in der statistischen Analyse berücksichtigt. Schliesslich gab es noch keine Studie, die Hüfte, Knie und Fuss gleichzeitig gemessen hat.
0.5	<b>Design</b> Welches Design wurde verwendet? (angemessen =1Pt) <b>case-control</b>	<i>Beschreiben Sie das Studiendesign. Entsprach das Design der Studienfrage?</i> Es wurden unabhängige Variablen bei einer Gruppe mit PFSS und bei einer Kontrollgruppe gemessen. Dies entspricht nur teils der Forschungsfrage, da es schwierig ist zu unterscheiden welche Merkmale Ursache und welche Wirkung von PFSS sind. <i>Spezifizieren Sie alle systematischen Fehler, die vielleicht aufgetreten sein könnten, und in welche Richtung sie die Ergebnisse beeinflussen?( jeweils -1Pt bei einem schwerwiegenden Bias)</i> Das wichtigste bei diesem Design sind die Stichproben und deren Vergleichbarkeit. (Siehe Stichprobe).
1  1  -  1	<b>Stichprobe</b> N = 26 N(c)=20 Wurde die Stichprobe detailliert beschrieben? (1) <b>Ja</b> Wurde die Stichprobengrösse begründet? (1) <b>Nein</b> Sind die Ein-/Ausschlusskriterien aussagekräftig? (1) <b>Ja</b>	<i>Stichprobenauswahl (wer, Merkmale, wie viele, wie wurde die Stichprobe zusammengestellt?).</i> PFSS: 5 Männer, 21 Frauen, Durchschnittsalter 25.1 J. Einschlusskriterien waren: <ul style="list-style-type: none"> <li>Alter: 18-35 Jahre</li> <li>Schleichend aufgetretene Schmerzen peri-/retropatellär seit mindestens 6 Wochen</li> <li>Schmerzen ausgelöst durch min. zwei der folgenden Aktivitäten: Laufen, Gehen, Hüpfen, in Hocke gehen, Treppe runter oder längeres Sitzen</li> </ul> Ausgeschlossen wurden Patienten mit: <ul style="list-style-type: none"> <li>Begleitverletzungen oder Schmerzen aus der Wirbelsäule oder Hüfte</li> <li>Insuffiziente Kniebänder</li> <li>Knievoroperationen</li> <li>PFJ-Instabilität oder Patellarsehnenentzündung</li> <li>Einsatz von Fussorthesen in den letzten fünf Jahren</li> </ul> Kontrollgruppe: 4 Männer 16 Frauen, Durchschnittsalter 23.4 J. Einschlusskriterium: gleiches Alter wie PFSS Ausschlusskriterien: <ul style="list-style-type: none"> <li>Operationen oder Verletzungen in der LWS oder den Beinen</li> <li>Schmerzen in der LWS oder den Beinen, die sie in ihrer Aktivität behindert hätte, in den letzten sechs Monaten</li> <li>Fussorthesen in den letzten fünf Jahren</li> </ul> <i>Bei mehr als einer Gruppe: Waren die Gruppen ähnlich?</i> Ja <i>Beschreiben Sie das Ethi-Verfahren. Wurde wohlinformierte Zustimmung eingeholt?</i> Schriftliche Zustimmung ja, über Information keine Angaben. Ethische Genehmigung wurde von La Trobe University, Faculty of Health Sciences Human Ethics Committee zugesichert.
0.5  0.5  0	<b>Ergebnisse</b> Waren die outcome Messungen reliabel? (1) <b>Bedingt</b> Waren die outcome Messungen valide? (1) <b>Bedingt</b> War der Untersucher verblindet? (1) <b>Nein</b>	<i>Geben Sie an, wie oft outcome Messungen durchgeführt wurden.</i> Fünf Messungen woraus der Durchschnitt genommen wurde.  <i>Listen Sie die verwendeten Messungen auf.</i> Druckplatte für Bodenreaktionskraft Reflektoren an Becken, Oberschenkel, Knie, Unterschenkel und Fuss für Bewegungen der einzelnen Knochen Ganggeschwindigkeit
	<b>Massnahmen</b>	<i>Beschreiben Sie kurz die Massnahmen (Schwerpunkt, wer führte sie aus, wie</i>

1    0	<p>Wurden die Massnahmen detailliert beschrieben? (1)</p> <p>Wurde Kontaminierung vermieden?(1)</p> <p><b>Nein</b></p>	<p><i>oft, in welchem Rahmen).</i> Ganganalyse im Ganglabor</p> <p><i>Wurden Fälle von Kontaminierung oder Ko-Interventionen beschrieben?</i> Nein</p>
1   1   1   1	<p><b>Resultate</b></p> <p>Wurde die statistische Signifikanz der Resultate angegeben? (1)</p> <p><b>Ja</b></p> <p>Waren die Analysemethoden geeignet? (1)</p> <p><b>Ja</b></p> <p>Wurden Fälle von Ausscheiden aus der Studie angegeben und angemessen behandelt? (1)</p> <p><b>kein Ausscheiden</b></p> <p>Wurde die klinische Bedeutung angegeben? (1)</p> <p><b>Ja</b></p>	<p><i>Welches waren die Ergebnisse?</i> Bei den maximalen Winkelwerten war die Innenrotationsspitze der Hüfte in der PFSS-Gruppe deutlich vermindert. Beim Zeitpunkt des maximalen Winkelwertes erreichte die Eversion des Rückfusses sowohl relativ zum Koordinatensystem wie auch zur Tibia in der PFSS-Gruppe deutlich früher ihren Höhepunkt. Dazu bewegte sich der Rückfuss, relativ zum Koordinatensystem, in der Sagitalebene (plantflex/dorsalext) in der PFSS-Gruppe mit einem grösseren Range als in der Kontrollgruppe.</p> <p><i>Waren sie statistisch signifikant (d.h. <math>p &lt; 0.05</math>)? Falls nicht statistisch signifikant: War die Studie gross genug, um einen eventuell auftretenden wichtigen Unterschied anzuzeigen?</i> Ja <i>Falls es um viele Ergebnisse ging: Wurde dies bei der statistischen Analyse berücksichtigt?</i> Ja</p> <p><i>Schieden Teilnehmer aus der Studie aus? Warum? (Wurden Gründe angegeben, und wurden Fälle von Ausscheiden angemessen gehandhabt?)</i> Kein Ausscheiden</p> <p><i>Waren die Unterschiede zwischen den Gruppen (falls es Gruppen gab) klinisch von Bedeutung?</i> Nein</p>
1	<p><b>Schlussfolgerungen</b></p> <p>Waren die Schlussfolgerungen angemessen? (1)</p> <p><b>Ja</b></p>	<p><i>Zu welchem Schluss kam die Studie?</i> Die Autoren kommen zum Schluss, PFSS-Patienten würden mit der verminderten Hüftinnenrotation und der Tendenz zu langsamerem Gehen die Belastung auf das PFJ reduzieren und kompensieren. Der frühere Höhepunkt der Eversion könnte ein Faktor sein, der zur Entstehung von PFSS mitwirke. In Zukunft seien prospektive Studien mit einer grösseren Teilnehmerzahl nötig um diese Hypothesen prüfen zu können.</p> <p><i>Welche Implikationen haben die Ergebnisse für die physiotherapeutische Praxis?</i> Der Fuss, vor allem die Eversion während der Standbeinphase, sollten bei PFSS genau angeschaut werden.</p>
12.5/17		

## Critical Appraisal Skills Programme (CASP)

### 10 questions to help you make sense of reviews

Public Health Resource Unit (2006), England. Übersetzt und angepasst von S. Lehmann

Barton, Lvinger, Menz & Webster (2009): Kinematic gait characteristics associated with patellofemoral pain syndrome: A systematic Review.

Fragestellung	Bemerkungen zu Barton et al. (2008)	Ja/Nein/k.A
<b>1. Stellt das Review eine präzise Frage?</b> Beachten sie ob die Fragestellung präzisiert <ul style="list-style-type: none"> <li>• welche Population erforscht wird</li> <li>• welche Messgrößen betrachtet werden</li> </ul>	Es wird bei PFSS-Patienten im Vergleich zu gesunden Probanden geforscht. Messgrößen sind kinematische Merkmale der Unteren Extremität.	<b>Ja</b>
<b>2. Wird im Review die richtige Art von Studien eingeschlossen?</b>  Beachten sie ob Studien eingeschlossen werden: <ul style="list-style-type: none"> <li>• die sich an der Forschungsfrage orientieren</li> <li>• ein entsprechendes Studiendesign haben</li> </ul>	Studien bei PFSS mit kinematischen Analysen Studien mit case-control, oder prospective design	<b>Ja</b>
<b>3. Versuchen die Autoren alle relevanten Studien zu finden?</b> Beachten sie: <ul style="list-style-type: none"> <li>• welche Datenbanken wurden abgerufen</li> <li>• ob über Referenzlisten nachgesucht wurde</li> <li>• ob persönliche Kontakte mit Experten statt fand</li> <li>• ob nach nichtpublizierten Studien gesucht wurde</li> <li>• ob nach nicht-englisch-sprachigen Studien gesucht wurde</li> </ul>	Alle Relevanten  Nein  Ja, wenn mehr Informationen gebraucht wurden Nein  Nein	<b>Nein</b>
<b>4. Überprüfen die Autoren die Qualität der eingeschlossenen Studien?</b> Beachten sie: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ob vorgängig bestimmte Einschlusskriterien festgelegt wurden</li> <li>• ein Bewertungssystem</li> <li>• mehr als ein Prüfer eingesetzt wurde</li> </ul>	Klare Einschlusskriterien definiert Zwei verschiedene Bewertungssysteme wurden eingesetzt sowie zwei unabhängige Prüfer	<b>Ja</b>
<b>5. Wen die Ergebnisse der Studien verglichen wurden, wurde es sinnvoll gemacht?</b> Beachten sie: <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Ergebnisse der einzelnen Studien klar dargestellt</li> <li>• die Ergebnisse waren vergleichbar von Studie zu Studie</li> <li>• die Gründe für unterschiedliche Ergebnisse werden diskutiert</li> </ul>	Ja  Sie wurden statistisch angeglichen und es wurde ein KI von 95% bestimmt. Unterschiede werden diskutiert.	<b>Ja</b>
<b>6. Wie werden die Ergebnisse dargestellt und was ist das</b>	Die Ergebnisse werden angemessen formuliert	<b>-</b>

<b>Hauptergebnis?</b> Beachten sie: <ul style="list-style-type: none"> <li>• wie werden die Ergebnisse formuliert</li> <li>• wie deutlich ist das Ergebnis und wie bedeutungsvoll</li> <li>• wie kann das Hauptergebnis in einem Satz zusammengefasst werden</li> </ul>	Alle Ergebnisse sind statistisch signifikant. Über die Bedeutung herrscht noch zu wenig Klarheit. „Limitiertem Forschungsstand und methodischer Schwäche geben höchstens Indiz für verändertes Eversionsverhalten des Fusses und Rotationsverhalten der Hüfte bei PFSS“	
<b>7. Wie präzise sind diese Ergebnisse?</b> Beachten sie: <ul style="list-style-type: none"> <li>• wird ein Konfidenzintervall angegeben?</li> <li>• werden p-Werte angegeben wo kein Konfidenzintervall vorhanden ist?</li> </ul>	Es gilt für alle Studien und für die Ergebnisse ein Konfidenzintervall von 95%. p-Werte sind angegeben, KI immer.	-
<b>8. Können die Ergebnisse in der lokalen Bevölkerung angewendet werden?</b> Beachten sie: <ul style="list-style-type: none"> <li>• weichen die untersuchten Populationen von der Ihrigen ab, so, dass andere Ergebnisse zustande kommen könnten?</li> <li>• ist ihr Umfeld viel anders als in den Studien?</li> <li>• können sie die gleichen Interventionen durchführen in ihrem Umfeld?</li> </ul>	PFSS wird so definiert wie es in der Praxis angetroffen wird Untersuchungen im Forschungslabor sind (noch) nicht alltagstauglich. Die gleichen Untersuchungen müssen aber nicht zwingend so genau beim Patienten durchgeführt werden können.	Ja
<b>9. Wurden alle wichtigen Ergebnisse berücksichtigt?</b> Beachten sie die Ergebnisse aus Sicht von: <ul style="list-style-type: none"> <li>• einzelnen</li> <li>• Berufsgruppen und Gesetzgeber</li> <li>• Familien/Betreuer</li> <li>• Gesellschaft</li> </ul>	Die Ergebnisse haben eine Bedeutung für Patienten mit PFSS, Therapeuten, im weiteren Sinn auch auf den Kostenträger und somit auf die Gesellschaft. Der Stand der Forschung ist aber noch so niedrig, dass nicht von Bahnbrechenden Ergebnissen gesprochen werden kann.	Ja
<b>10. Sollte die Gesetzgebung oder die Praxis aufgrund der Evidenz dieser Erkenntnisse geändert werden?</b> Beachten sie: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ob die erforschten Verbesserungen allfällige Kosten oder Schäden überwiegen würden. Falls diese Information nicht gegeben ist, kann sie von irgendwo hergeleitet werden?</li> </ul>	Es geht erst um verschiedene kinematische Merkmale und (noch) nicht um Erfolgsversprechende Therapieansätze. Gedanken für einen spezifischen Therapieansatz in der Physiotherapie aufgrund dieser Erkenntnisse sollten aber gemacht werden.	Ja